



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

**RAFAEL BEZERRA SIQUEIRA**

## **Análise Contextualizada do Ensino da Termodinâmica**

**FORTALEZA**

**2013**

**RAFAEL BEZERRA SIQUEIRA**

**Análise Contextualizada do Ensino da Termodinâmica**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará como um dos requisitos para a obtenção do grau de licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Marcos Araújo Silva.

**FORTALEZA**

**2013**

**RAFAEL BEZERRA SIQUEIRA**

**ANÁLISE CONTEXTUALIZADA DO ENSINO DA TERMODINÂMICA**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará como um dos requisitos para a obtenção do grau de Licenciado em Física.

Aprovada em: 01/08/2013.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro  
Universidade Estadual do Ceará

Dedico este trabalho a minha família, que sem o apoio e ajuda deles seria um caminho mais difícil a ser trilhado.

## **Agradecimentos**

A meus pais pela incansável dedicação.

A minha esposa, que me ajuda em todas as horas.

A minha avó que contribuiu de forma significativa em minha educação.

Aos amigos ligados ao curso de Licenciatura em Física da UFC, ou não, por constituírem um suporte de alegria no ambientes que estamos.

A todos aqueles profissionais que direta ou indiretamente contribuíram para o meu desenvolvimento durante a graduação.

A banca examinadora desta monografia, que apesar de já os considerar incluídos nas referencias acima, confesso terem sido extremamente importantes em minha vida, por serem retratado evidente da conjunção entre o bom caráter e o êxito profissional.

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, pelas orientações, pela medição com os estudos, além da paciência e dos estímulos.

À Universidade Federal do Ceará, pelo acolhimento durante o período do curso.

## RESUMO

O calor está presente em qualquer fenômeno físico, químico, biológico entre outros, sendo importante para a manutenção da vida e suas complexas relações. Como exemplo da importância do calor, podemos citar o simples fato de cozinhar alimentos, máquinas térmicas para realizar trabalho, sensores de fumaça. Devido à sua grande importância, esta monografia objetiva analisar como alguns livros textos do Ensino Médio estão abordando este assunto, mais especificamente na termodinâmica. Análise essa, à luz da teoria construtivista de Ausubel, no contexto da aprendizagem significativa e nos PCNEM's (Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio). Realizamos a análise de três livros textos adotados em escolas públicas e particulares do Ensino Médio da cidade de Fortaleza, Ceará: Física em Contextos, Tópicos de Física e Fundamentos da Física, respectivamente das Editoras FTD, Saraiva e Moderna. Tentamos identificar como a ideia da primeira lei da termodinâmica é abordada, se existe alguma conexão com o cotidiano do aluno, se para inserir novos conceitos existe a preocupação de sua contextualização, com a “bagagem” de conhecimento já existente na estrutura mental do aluno. Também observamos se os livros satisfazem às exigências do MEC (Ministério da Educação) transcritos através dos PCNEM, como formadores de cidadãos críticos. Procuramos, ainda, encontrar nos livros textos a presença de experimentos de baixo custo, mapas conceituais, contextos históricos; ferramentas que poderiam ser agregadas à teoria da aprendizagem significativa. Finalmente, elaboramos uma proposta de uma abordagem significativa da primeira lei da termodinâmica, incluindo os tópicos de calor, energia interna, trabalho realizado por um gás e a primeira lei da termodinâmica. Que esperamos, seja útil para futuros professores de Física no Ensino Médio.

Palavras-Chaves: Educação, Ensino de Física, Aprendizagem significativa

## ABSTRACT

The heat is present in any physical, chemical, biological phenomenon and other, which is important for the maintenance of life and their complex relationships. As an example of the importance of the heat, we can mention the simple fact of cooking food, thermal machines to do work, smoke sensors. Due to its importance, this monograph aims to analyze how some high school textbooks are addressing this issue specifically in thermodynamics. This analysis is in the light of the constructivist theory of Ausubel, in the context of meaningful learning and PCNEM's (National Curriculum of Secondary Education). We performed the analysis of three textbooks adopted in public and private schools of secondary education in the city of Fortaleza, Ceará: *Physics in Context*, *Topics in Physics* and *Fundamentals of Physics*, respectively Publishers of FTD, Saraiva and Moderna. We try to identify how the idea of the first law of thermodynamics is addressed, if there is any connection to the everyday student, to insert new concepts there is concern its context, with the "baggage" of existing knowledge in the mental structure of the student. We also observed that the books meet the requirements of the MEC (Ministry of Education) transcripts through PCNEM as trainers of critical citizens. Sought still find the textbooks the presence of low cost experiments, conceptual maps, historical contexts; tools that could be added to the theory of meaningful learning. Finally, we prepared a proposal for a significant approach of the first law of thermodynamics, including the topics of heat, internal energy, work done by a gas, and the first law of thermodynamics. Which we hope will be useful for future physics teachers in secondary school.

Keywords: Education, Physics Teaching, Learning significant

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Síntese do processo de ensino aprendizagem significativo. ....	15
Figura 2 – Capa do livro “Física em Contextos”. ....	21
Figura 3 – À esquerda, floguismo sendo consumido e a direita, já consumido. ....	22
Figura 4 – Metáfora usando patinadoras para representar moléculas. ....	24
Figura 5 – Representação da vibração de moléculas. ....	26
Figura 6 – Representação de transformações gasosas através da seringa. ....	27
Figura 7 – Representação de motores. ....	29
Figura 8 – Capa do livro “Tópicos de Física”. ....	32
Figura 9 – Representação de sistema termodinâmica. ....	32
Figura 10 – Capa do livro “Fundamentos da Física”. ....	36
Figura 11 – panela sendo esquentada por uma fonte de calor. ....	39
Figura 12 – Seringa, para analogia com o trabalho realizado por um gás. ....	41
Figura 13 – Fogão aquecendo a panela para representar sistema termodinâmico. ....	42
Figura 14 – Fluxograma da proposta de aprendizagem. ....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese sobre nível dos exercícios, formalismo matemático e abordagem no cotidiano para os livros aqui analisados. ....	45
--	----

## SUMÁRIO

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO .....	10
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	13
2.1 UM POUCO SOBRE O CONSTRUTIVISMO E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	13
2.2 UM POUCO SOBRE TERMOLOGIA E TERMODINÂMICA .....	16
2.2.1 A TEORIA DO CALÓRICO .....	16
2.2.2 A TEORIA DINÂMICA .....	17
2.3 UM POUCO SOBRE TERMODINÂMICA .....	18
CAPÍTULO 3 – CRÍTICA A LIVROS-TEXTOS ABORDADOS NO ENSINO MÉDIO .....	21
3.1 ANÁLISE DO LIVRO: "FÍSICA EM CONTEXTOS" .....	21
3.1.1 TEORIA DO FLOGUISMO .....	22
3.1.2 TEORIA DO CALÓRICO .....	23
3.1.3 MODELOS DE CALOR E MATÉRIA .....	23
3.1.4 PRESSÃO .....	26
3.1.5 MODELO CINÉTICO DOS GASES .....	27
3.1.6 TRANSFORMAÇÕES GASOSAS .....	27
3.1.7 MÁQUINAS TÉRMICAS .....	28
3.1.8 TRANSFORMAÇÕES EM MÁQUINAS TÉRMICAS .....	29
3.1.9 ENERGIA INTERNA .....	30
3.1.10 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA .....	31
3.2 ANÁLISE DO LIVRO: "TÓPICOS DE FÍSICA" .....	31
3.3 ANÁLISE DO LIVRO: "FUNDAMENTOS DA FÍSICA" .....	36
CAPÍTULO 4 – PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA .....	39
4.1 CALOR .....	39
4.2 ENERGIA INTERNA .....	40
4.3 TRABALHO REALIZADO POR UM GÁS .....	41
4.4 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA .....	42
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Termodinâmica é um assunto que está presente no cotidiano de qualquer pessoa, grupo, família, indústria, cidade; enfim, está impregnada em nosso estilo de vida moderna. Afinal, o que hoje em dia não está relacionado com calor e sua propagação? Sendo o calor uma grandeza que existe quando há uma diferença de temperatura entre corpos em contato, e que essa diferença de temperatura origina uma energia que é transferida do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Essa energia é definida calor. As pessoas que usam do sol para secar roupas, indústrias que utilizam as transformações de calor para realizar trabalho útil em suas máquinas, as máquinas térmicas, sejam para aquecer ou esfriar ambientes, sistemas de refrigeração de máquinas, veículos, portanto, trata-se de fenômenos que estão ao nosso redor.

O ensino de Física em geral e termodinâmica, em particular, nas escolas de Ensino Médio, está cada vez mais difícil. Os motivos são diversos, tais como, quantidade de tempo não suficiente para todo o conteúdo a ser ministrado, dificuldades na compreensão de termos científicos devido ao conhecimento prévio que se tem ou não tem, como, por exemplo, dificuldades de relacionar e diferenciar calor e/ou temperatura. Quando pensamos em algo que seja oposto ao calor, é natural pensarmos no frio, sendo que na realidade quando dizemos que um objeto está frio é porque o calor já fluiu deste, fazendo com que sua temperatura diminuísse. A dificuldade de se abordar o conteúdo, haja vista que se trata de um assunto muito abstrato, pois não podemos imaginar qual forma física, tem “uma energia térmica” ou o calor por exemplo. Assim, para o professor ter êxito em seu papel docente se torna necessário o uso da criatividade e imaginação.

Podendo utilizar recursos didáticos que não se atenham somente a livros, artigos e textos para explorar e superar a abstração do conteúdo pode-se recorrer às TIC's (Tecnologias de Informação e Comunicação), pois a partir de uma imagem ou vídeo mostrado originados de um computador, ou recurso multimídia, pode-se buscar aproximar esse mundo microscópico aos olhos do aluno. A esse recurso digital (incluindo os programas de computadores) usado para facilitar o ensino/aprendizado na educação chama-se de Objeto de Aprendizagem (OA).

Com a falta de formação de licenciados nas Ciências em geral e, particularmente em Física, tem sido comum encontrar engenheiros lecionando Física nas escolas de Ensino Médio. Esses profissionais não têm formação pedagógica, o que dificulta a identificação e solução de problemas no ensino/aprendizagem, não sabendo como o aluno aprende, e por diversas vezes só “matematizando” o problema.

Com a falta de preparo do docente, quem acaba por sofrer as consequências são os alunos que encontram-se na adolescência, fase de formação da personalidade e caráter. Será o professor capaz de entender a psicologia do desenvolvimento da adolescência? Conhecer as diversas tendências pedagógicas existentes para saber qual é a mais adequada, qual é a que ele mais se identifica? Como conhecer o processo de ensino/aprendizagem que o sujeito do conhecimento anseia?

Os próprios livros didáticos carregam uma tendência pedagógica implícita e seu uso incentiva essa metodologia de ensino. A mais comumente encontrada nas instituições privadas de ensino é a tradicional, no entanto, nas escolas públicas são encontrados livros que abordam uma prática construtivista de ensino. No caso tradicional, o aluno tem a Física sendo uma aplicação pura da matemática e não o inverso, pois a Física usa a matemática para a descrição das leis que regem os fenômenos físicos. No caso construtivista, o conhecimento é construído a partir das concepções prévias dos alunos.

Um de nossos desafios nesta monografia é analisar alguns livros didáticos usados no Ensino Médio que ainda hoje utilizam metodologias e técnicas de resolução de problemas tradicionais, e junto com isso, sensibilizar professores sem formação acadêmica, e que não estão habilitados a estarem em sala de aula, a utilizarem uma abordagem construtivista em sua prática docente.

O intuito deste trabalho é verificar se os livros adotados na pesquisa, além de estarem de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, estão adequados às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM).

Segundo Brasil (PCNEM, 2000, p. 6), a interdisciplinaridade do aprendizado científico e matemático não dissolve nem cancela a indiscutível interdisciplinaridade do conhecimento. Logo, faz-se necessário a revisão dos livros textos, ou de pelo menos alguns tópicos relativos à disciplina da Física. Os conteúdos de Termodinâmica não atendem de forma adequada as orientações dos PCNEM, nem à teoria construtivista. Desse modo, espera-

se que, para que o aluno possa concluir o Ensino Básico tendo a consciência de que a Física não é apenas matemática, mas sim que essa matemática é utilizada para descrever uma lei física e assim possamos adequar o ensino às orientações contidas nos PCNEM. Contribuindo assim, para que o aluno egresso do EM torne-se um cidadão consciente de seu papel social, como preconiza a LDB em seu artigo 35.

O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

(LDB 9394/96, 1996)

No que segue, no Capítulo 2 apresentamos a fundamentação teórica, onde analisamos o construtivismo, em particular a teoria da aprendizagem significativa aplicado ao ensino de Física, termodinâmica. No Capítulo 3 analisamos alguns livros textos adotados no Ensino Médio, com o intuito de fazer uma crítica fundamentada na teoria construtivista e no PCNEM. No Capítulo 4 apresentamos uma proposta de ensino de Termodinâmica com uma abordagem construtivista. Finalmente, no último capítulo apresentamos nossas conclusões finais.

## **CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

No que segue abaixo, temos uma pequena descrição sobre o contexto histórico do assunto referente ao calor e em específico, termodinâmica, assim como a teoria da aprendizagem significativa que será o referencial para a análise teórica dos livros textos.

### **2.1 UM POUCO SOBRE O CONSTRUTIVISMO E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

David P. Ausubel, psiquiatra, dedicado à psicologia educacional, é o autor enfocado nesta monografia com sua teoria da aprendizagem significativa. Quando criou o termo, seu nome estava mais associado com o conceito de organizador prévio do conhecimento. Defendia que o conhecimento é formado de maneira ordenada, sistematizando sua estrutura cognitiva.

Organizadores prévios são artifícios utilizados sempre antes de lançar um conteúdo novo, ou seja, assuntos introdutórios para preparar a estrutura cognitiva do aluno. Diferentemente de resumos, que colocam uma idéia geral do assunto estudado, na teoria da aprendizagem significativa.

Didaticamente, esses organizadores prévios são instrumentos instrucionais que facilitam a aprendizagem, pois sua estrutura cognitiva está pronta para receber o novo conteúdo.

A aprendizagem cognitiva é aquela em cujo processamento predominam os elementos de natureza intelectual, tais como percepção, raciocínio, memória etc. Assim, o conhecimento das causas da independência do Brasil, a aplicação de um teorema na solução de um problema matemático, a data da descoberta da América etc. constituem uma aprendizagem do tipo ideativo, pois vão envolver, especialmente, a utilização de processos intelectuais, ou cognitivos. (Campos, 2008, p. 53)

Logo, segundo Campos (2008, p. 53), o processo da aprendizagem cognitiva precisa ser estimulado, precisa-se criar uma situação para que se pense, logo, quando

ativamos os subsunçores do cognitivo do aluno, cria-se um ambiente propício para a aprendizagem significativa.

O subsunçor é uma estrutura específica na qual prepara o cognitivo do aluno para uma nova informação. Pode se integrar ao cérebro humano, que é complexo, organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena as experiências prévias. Segundo os PCNs:

O ensino de Física tem-se realizado freqüentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. Além disso, envolve uma lista de conteúdos demasiadamente extensa, que impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo. (PCN, p. 22).

Portanto, de acordo com os PCNs, para que a educação ocorra de forma significativa, as equações matemáticas que aparecem na física devem possuir um significado físico, para que o aluno possa ver a física além de números, por fenômenos.

Moreira (2006, p. 154) ressalta que a aprendizagem significativa deva ser preferida em relação ao aprendizado mecânico. Ou seja, deve-se valorizar a estrutura cognitiva do aluno ao invés do método por repetição; valorizar os conhecimentos que o aluno já possui. Mas sabemos que existirão assuntos com maiores dificuldades em ativar os subsunçores, as estruturas que preparam o cognitivo do aluno. O que fazer quando o assunto é completamente novo? Quando não possuir essa estrutura precedente? Como poderia existir a aprendizagem significativa neste caso?

Para responder a essa pergunta, pode-se nesse caso recorrer a aprendizagem mecânica ou a aprendizagem pela informação; para que a informação junto com a mecânica (prática e repetição) possam criar elementos relevantes a novas informações, começando a organizá-la na estrutura cognitiva do aluno, e assim, que estas possam servir de subsunçores.

Outra possível explicação que Moreira (2006, p. 155) expõe é sobre um dos processos de aprendizagem da criança, nos quais os conceitos que são adquiridos por meio de um processo, conhecidos como formação de conceitos, que é a generalização de situações para criar uma lógica em sua estrutura mental. Moreira (2006, p. 155) ainda relata que:

(...) ao atingir a idade escolar, a maioria das crianças já possui uma aprendizagem significativa. A partir daí, apesar de que ocasionalmente ocorra ainda a formação de conceitos, a maioria dos novos conceitos é adquirida através de assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de conceitos, (...) (Moreira, 2006, p. 155),

Portanto, mais uma vez, a criança e o adolescente já estão com estrutura mental e cognitiva preparada para o processo ensino/aprendizagem, pois o mesmo já possui uma bagagem de conhecimentos quando inicia sua vida escolar, e mais ainda quando inicia o estudo de física, seja nas séries finais do ensino fundamental ou no ensino médio.

Cabe, portanto, ao professor, ser o mediador dessa relação do conhecimento que o aluno já traz consigo, com as informações que os currículos escolares desejam agregar, sendo que para cada novo assunto a consciência deve acionar os subsunçores, ou seja, as estruturas lógicas. Assim, como saber organizar as novas informações com os organizadores prévios para que o aluno possa ter conhecimento significativo? Organizadores prévios, são assuntos expostos antes da idéia principal, a fim de familiarizar as novas informações ao aluno.

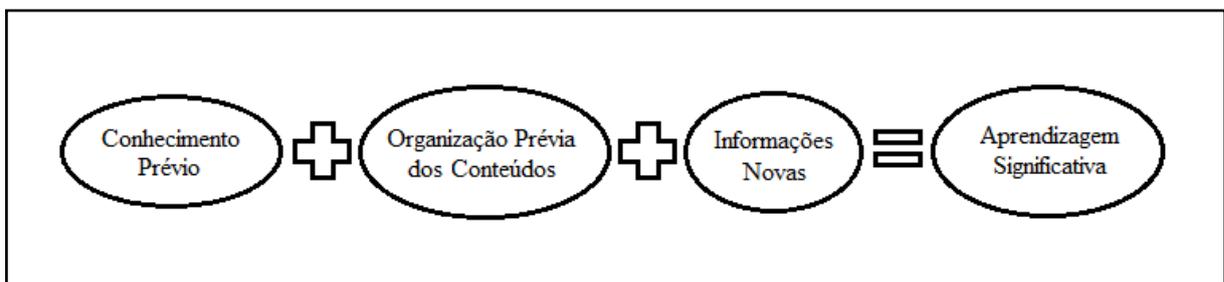


Figura 1 – Síntese do processo de ensino aprendizagem significativa.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo, para se obter a aprendizagem significativa, é necessário levantar o contexto da vida do aluno, para que se possa ter idéia da bagagem de vida que este tem. Com essas informações pode-se ativar os subsunçores para que assim sua estrutura cognitiva esteja pronta para obter novas informações. Moreira cita Ausúbel:

(...) a essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não-litera) e não arbitrária ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas idéias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição já significativo. (2006 apud Moreira et al., 1978),

Portanto, de acordo com a citação acima, uma condição necessária para a aprendizagem significativa é a relação do material apresentado previamente, para que assim o aluno possa relacionar ou incorporar o conteúdo que será ministrado com o que já conhece.

## **2.2 UM POUCO SOBRE TERMOLOGIA E TERMODINÂMICA**

No início existiam duas distintas teorias para explicar fenômenos que envolviam o calor. Uma delas tentava explicar o calor como forma de movimento, logo se acreditava que existiam partículas ali, que transportavam esse calor. A outra corrente tentava explicar pela existência de uma matéria invisível que permeava todos os lugares, e que se chamava calórico, sendo este o responsável pelos fenômenos envolvendo o calor.

### **2.2.1 A TEORIA DO CALÓRICO**

Surgiu pela primeira vez com o químico e físico inglês, Joseph Black (1778-1799), como explicação dos fenômenos que envolvem calor. Foi ele quem primeiro fez a distinção entre temperatura e calor. A idéia do calórico consiste em um fluido permeável que penetrava em todos os corpos, e que estava envolvido nos processos térmicos. Mais adiante, surgiu a discussão de que se o calórico possuía ou não peso, questão levantada pelo cientista Benjamim Thomson, conde de Rumford (1753-1814), o mesmo demonstrou que o calórico não apresentava nenhuma interação com o peso dos corpos.

Explicava as diferenças dos calores específicos das diferentes substâncias, admitindo que as diferentes espécies de materiais atraíam o calórico de formas diferentes. Dessa maneira, a absorção de calórico ou frio e a liberação de calórico ou calor são sinônimos. (ARAGÃO, 2006, p. 43).

Logo, Rumford não conseguiu achar relação na alteração do peso dos materiais estudados.

As propriedades do calórico eram explicadas de acordo com as definições que se tinha até então. O calórico combinado com o corpo exerce uma força repulsiva entre as moléculas que separa o corpo, fenômeno esse chamado na época de dilatação térmica. Se na dilatação as moléculas conseguissem rodear o corpo, ter-se-ia o processo de mudança de fase. Por exemplo, a fusão que é a passagem do estado sólido para o estado líquido. E quando uma nova quantidade de calórico alcançasse o material, este, passaria do estado líquido para o estado gasoso ou vapor. Segundo Aragão, se o aquecimento provocasse uma contração, o efeito seria semelhante ao combinado de água e álcool. Com esse método, poder-se-ia explicar a passagem do estado sólido para o estado líquido, e por sua vez para o estado gasoso, com a combinação do calórico com a massa do corpo.

Após estudos do calor por atrito o próprio Rumford contestou sua teoria, pois o calor gerado seria por meio do atrito, como explicar a existência do calórico para esse fenômeno? Rumford começou então a atacar sua própria teoria. Foram observados dois cavalos fazendo girar uma peça de aço apoiada em uma haste de latão, ambas mergulhadas em água. Passada cerca de duas horas, a água entrava em ebulição e assim, ficava enquanto os cavalos permaneciam em movimento.

Rumford escreveu ainda:

(...) torna-se necessário acrescentar, que aquilo que um corpo isolado, ou um sistema de corpos, podem continuar a fornecer, sem limitação, não pode ser uma substância material, e parece-me ser extremamente difícil, se não completamente impossível, fazer uma idéia de que qualquer coisa capaz de ser excitada e comunicada, porque o calor é excitado e comunicado nestas experiências, que não seja movimento. (Rumford apud Aragão, 2006, p. 44).

### **2.2.2 A TEORIA DINÂMICA**

Apesar das investigações experimentais de Rumford e também de Davy em 1799, que mostrou evidências de que o calor seria uma espécie de movimento, passaram-se cerca de 50 anos para que fosse definitivamente abandonada a teoria do calórico. No entanto, a teoria

dinâmica propunha que o calor fosse uma espécie de movimento, pois ao atritar objetos, verificava-se o aumento de temperatura dos mesmos.

Já na teoria dinâmica pode-se verificar que calor e trabalho podem ser convertidos, havendo sempre uma proporção, uma equivalência entre as quantidades de trabalho e o calor que é observado. Portanto, o calor e o trabalho são formas diferentes que se manifestam com as mesmas características.

A relação do calor com o trabalho, teve seu auge durante a revolução industrial, onde o homem conseguiu transformar parte da energia térmica em trabalho mecânico construindo assim as primeiras máquinas térmicas.

### **2.3 UM POUCO SOBRE TERMODINÂMICA.**

A primeira lei da termodinâmica é uma continuidade do princípio da conservação da energia, pois, ela trata da conversão da energia térmica em trabalho mecânico.

Na primeira lei da termodinâmica, haverá uma troca de calor, o sistema pode “receber” ou “ceder” calor, então o termo sistema é comum ser usado para descrever qual o sentido desse fluxo de calor.

Sistema termodinâmico pode ser entendido como qualquer corpo, dispositivo ou até mesmo máquina capaz de trocar calor com o meio e ainda assim ter a possibilidade de realizar trabalho.

Para analisar as leis da termodinâmica, a princípio a primeira, precisamos ter a idéia de calor, trabalho e energia interna. Podemos definir um exemplo de sistema termodinâmico tomando como exemplo o descrito por Young,

Quando a panela é colocada sobre a chama de um fogão, ocorre transferência de calor por condução para o milho de pipoca, a medida que o milho começa a estalar e se expandir, realiza um trabalho sobre a panela, que sofre um deslocamento. (YOUNG, 2010, V. 2, p.176).

Logo, podemos ver que a primeira lei da termodinâmica, é o resultado da conversão de calor em energia mecânica, sendo que uma parte dessa energia será utilizada para aquecer o recipiente que contém a pipoca, utilizado no exemplo acima.

Logo, pela definição, a primeira lei da termodinâmica pode ser descrita pela expressão:

$$Q = \Delta U + W, \quad (1)$$

na qual,  $Q$  é a quantidade de calor trocada entre o meio e o sistema,  $\Delta U$  é a variação da energia interna e  $W$  é o trabalho realizado pelo/sobre o sistema. Vamos agora entender qual o significado físico desses termos.

Para definirmos calor, imaginemos que tudo na natureza busca um equilíbrio, o mesmo acontece com corpos que estão a diferentes temperaturas, logo um corpo com uma temperatura maior, deve ceder energia para um que esteja com temperatura menor, até que ambos tenham a mesma temperatura. A esse estado chamamos de equilíbrio térmico e essa energia que flui de um corpo para outro chamamos calor.

Para o trabalho, imaginemos a situação no hospital: Uma enfermeira deve aplicar um medicamento injetável. Para isso utiliza uma seringa com agulha, o que ela faz é exercer uma pressão para que o volume da seringa diminua, fazendo com que a droga (medicamento) seja expulsa da seringa e injetada no paciente. Podendo o fato do deslocamento do líquido ter como causa a força que movimentou o êmbolo da seringa (a pressão exercida no êmbolo) estar relacionada ao trabalho realizado pela força.

Logo, podemos definir o trabalho como sendo:

$$W = \int p dV \quad (2)$$

Para definirmos energia interna, vamos lembrar de que um corpo é constituído de átomos, e estes estão vibrando, logo, pela mecânica clássica, podemos associar pelo menos

duas energias: cinética e potencial. Portanto, podemos definir que energia interna é o somatório de todas as energias que os átomos que constituem esse corpo possuem. Ressaltando ainda que por se tratar da vibração destes, a energia interna está diretamente relacionada com a quantidade de átomos, ou seja, o número de mol de átomos e sua temperatura. Logo, definimos essa grandeza como<sup>1</sup>:

$$U = \frac{3}{2}nRT . \quad (3)$$

---

<sup>1</sup> Para sermos rigorosos, esta equação refere-se à energia cinética translacional média das moléculas de um gás ideal. Nessa equação,  $n$  é o número de moles do gás,  $R$  é uma constante [igual à constante de Boltzmann ( $k$ ) vezes o número de Avogrado ( $N_A$ )] e  $T$  é a temperatura absoluta, em Kelvin.

## CAPÍTULO 3 – CRÍTICA A LIVROS-TEXTOS ABORDADOS NO ENSINO MÉDIO.

Este capítulo tem por finalidade uma abordagem crítica dos livros adotados na rede particular e pública de ensino.

### 3.1 ANÁLISE DO LIVRO: "FÍSICA EM CONTEXTOS".



Figura 2: Capa do livro “Física em Contextos”  
Fonte: Física em Contextos.

O livro inicia o assunto de termodinâmica com um singelo questionamento sobre o simples fato de esfregar as mãos em dias frios para produzir calor, e assim se aquecer. Questionamentos motivadores como esses buscam relacionar o conhecimento prévio, adquirido no cotidiano do leitor, haja vista ser comum o fato de atritar as mãos para se aquecer. Logo, o livro aborda a introdução e motivação do conteúdo conforme sugere Ausúbel, com sua teoria da aprendizagem significativa, ou seja, utilizando o conhecimento afetivo, suas experiências já vividas para relacionar o assunto a ser abordado.

Inicia então o capítulo com contexto de como surgiu o pensamento sobre conceitos que envolvem calor, como as pessoas imaginavam que esse fenômeno de aquecer corpos e/ou esfriar, qual fato esta associado, o que poderia explicar. Então o texto menciona a teoria do calórico, na qual aborda que deve existir algo invisível, mas que esta transportando o calor, seja aquecendo ou resfriando um corpo ou um ambiente.

Na tentativa de definir como se caracteriza o calor no inicio de seus estudos, o livro aborda o calor sendo tratado como um fluido, ou seja, deveria existir algo que conduzia o calor. Foram abordadas duas teorias: teoria do floguismo e teoria do calórico.

### 3.1.1 TEORIA DO FLOGUISMO

Na teoria do floguismo o livro aborda de forma teórica, sem apresentar exemplos, analogias, situações ou algum conhecimento prévio. Utiliza recurso gráfico de uma imagem de fogueira acesa e outra onde todo o combustível (madeira) foi consumido (fogueira apagada), para que, a partir da teoria apresentada no livro, o leitor possa chegar à conclusão da ideia do floguismo. Onde a segunda imagem sugere algo que deve existir para que possa haver fogo.



Figura 3 – À esquerda, floguismo sendo consumido e a direita, já consumido.  
Fonte: Livro “Física em contextos”.

### **3.1.2 TEORIA DO CALÓRICO.**

Na teoria do calórico, o autor explica teoricamente que o fluido responsável pela condução do calor é denominado calórico, e que esse calórico é uma substância invisível que conduz o calor de corpos quentes para corpos frios.

Então, apresentados os dois conceitos, o próximo passo do capítulo do livro texto estudado é uma reflexão sobre a defesa da teoria estudada, citado pelo autor que seria uma teoria plausível, pensando que exista um corpo quente e um corpo frio, e que quando em contato, deva existir algo que “sai” do corpo quente e "entra" no corpo frio, fazendo assim o corpo quente diminuir sua temperatura enquanto o corpo frio aumenta a sua temperatura, até o ponto em que ambos estejam com temperaturas iguais, ou seja, atinjam o equilíbrio térmico.

O autor explica e dá como exemplo uma situação para tentar comprovar a situação descrita acima. Pegando uma esponja de aço e queimando-a (aquecendo ao extremo), pode-se verificar que a esponja tem mais massa após o processo do que antes, fato este que justificaria o corpo ter recebido esse fluido (calórico) e assim aumentado acentuadamente sua massa.

Sobre a teoria do calor proposta até agora, as perguntas são de situações, o que é positivo, para que possa se obter um processo de avaliação, que conforme sugere BRASIL, nos PCNs, o estudante de Ensino Médio possa sair da escola com uma alfabetização científica, entendendo os fenômenos do mundo que o cerca.

### **3.1.3 MODELOS DE CALOR E MATÉRIA.**

Para explicar o calor e seus processos de propagação, assim como mudança de estado, o livro aborda de uma forma excepcional um modelo macroscópico, pois para se explicar essa mudança de fase temos que verificar o modelo atômico; e para isso, o autor utiliza como exemplo, uma analogia do átomo, ou arranjo de átomos com um grupo de meninas que patinam juntas. Os patins deslizam, porém as meninas continuam juntas, por meio de suas mãos, representando assim as ligações químicas existentes entre as moléculas. Logo, quando um corpo passa do estado líquido para o gasoso, os átomos passam a vibrar

mais longe, porém não se separam, quando aquecido, no caso da analogia são as meninas que começam a patinar mais longe uma das outras, fazendo assim a comparação entre o mundo atômico na escala muito pequenas e uma situação na escala macroscópica.

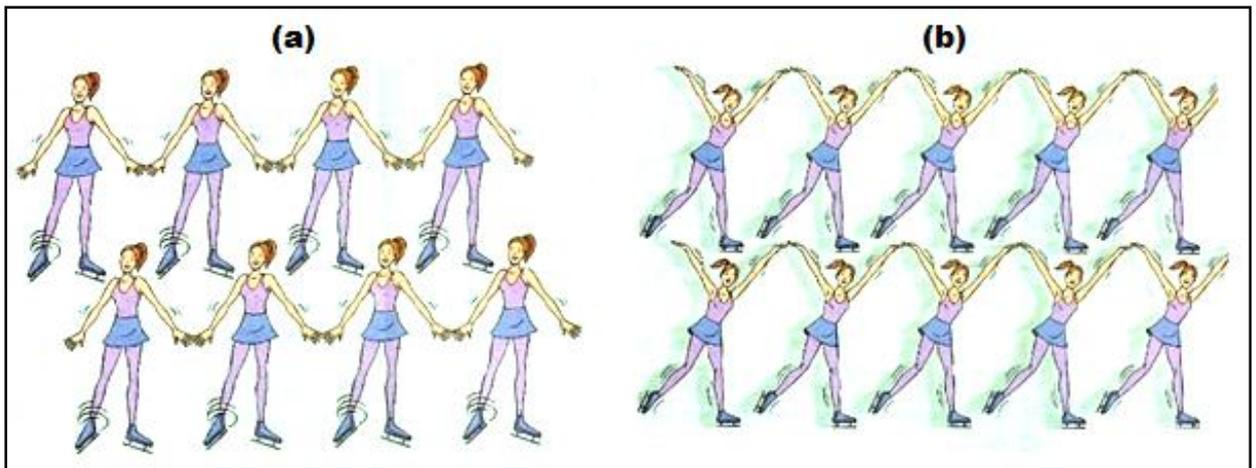


Figura 4 – Metáfora usando patinadoras para representar moléculas. Patinadoras representam moléculas de um líquido com pouca vibração em (a), e as patinadoras representam as moléculas de um líquido com muita vibração em (b).

Fonte: Figura extraída do livro: Física em contextos.

O texto explica que Benjamin Thompson, americano que trabalhava como supervisor do trabalho de calibração dos canhões em uma fábrica em Munique, conseguiu evidências de que a massa de um corpo não varia em relação a quando este corpo for submetido a uma variação de temperatura, uma vez que Benjamin tinha acesso às balanças de melhor precisão da época. Sem êxito em suas tentativas de conseguir achar alguma relação do calor com a massa do corpo, parecia então frustrar a teoria de que o calor fosse um fluido, onde este deveria ter alguma massa, que agregaria massa ao corpo, quando este tivesse sua temperatura aumentada. O livro-texto retrata então a discussão sobre os cientistas que defendiam a teoria do calórico, ou que o calor seja um fluido e os que analisavam tal fenômeno, onde não conseguiam achar uma relação ou evidência entre massa e calor. Os “calóricos” afirmavam que o calor possuía uma massa muito sutil, quase sem massa, por isso não encontravam essa relação.

O autor para ajudar a defender a teoria do calórico, faz referência à existência do éter, aceita na época também como substância hipotética, imaginada por Aristóteles, na antiguidade, que até então a comunidade científica aceitava, para poder assim justificar a idéia

de que o calórico possuía uma massa sutil, quase imperceptível para os aparelhos até então desenvolvidos.

Encerra então a discussão entre calor e massa, com a proposta de Thompson, onde este afirma que o calor só poderia ser o movimento das partículas.

Para definir temperatura o texto faz referência com o modelo físico apresentado nas seções anteriores, fazendo analogia com o movimento das moléculas, que estão vibrando assim como os patinadores, utilizando assim, da estrutura cognitiva do leitor, que informado do modelo idealizado no livro, pode a partir de então, construir o conhecimento. Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a organização da informação, ou seja, da estrutura cognitiva do leitor é o início para se obter um rendimento significativo da aprendizagem. Moreira (2006, p. 152) acrescenta “(...) aprendizagem significativa, organização e integração do material na estrutura cognitiva.”, ressaltando o ponto de partida para que ocorra esse processo de ensino aprendizagem.

Para mensurar temperatura, o texto aborda um texto motivador, retratando os modelos da matéria estudada, para relacionar a vibração dos átomos com o estado de energia associado a eles, para assim definir a relação entre temperatura e o estado de vibração dessas partículas. Logo faz uma analogia com os números para se ter idéia das quantidades envolvidas e das grandezas, como por exemplo, imaginar um corpo a nível atômico e enunciar que suas partículas estão na ordem de cem milhões de vezes menor do que o centímetro, e que estas moléculas estão vibrando. Com esse tipo de analogia embora o leitor não consiga visualizar o átomo, tem uma idéia do que acontece nesse na escala desse universo, dentro do modelo atômico.

Com a analogia das escalas acima exemplificadas, tem-se então a idéia de quantas moléculas ou átomos compõem um corpo, e assim, o autor faz referência de que a física estuda a média das velocidades, das vibrações de todas as partículas envolvidas, devido o número de partículas serem muito elevada. Novamente utiliza como exemplo o que o aluno pode vivenciar, buscando assim seu conhecimento prévio; de tal forma que possa ajudá-lo a organizar suas informação, tanto as que já possuem como as que ainda estão por vir. Formando assim, as etapas da aprendizagem significativa.

### 3.1.4 PRESSÃO

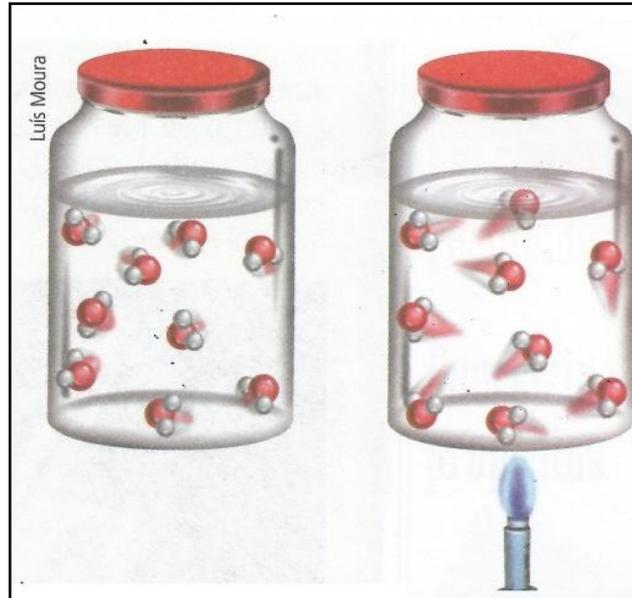


Figura 5 – Representação da vibração de moléculas.

Fonte: Livro “Física em contextos”.

O autor inicia o assunto de pressão com uma figura para ressaltar e ilustrar a movimentação e vibração das partículas, ou seja, exemplificando e agregando a sua estrutura cognitiva organizações suficientes para que possa ser construída sua aprendizagem significativa.

Faz ainda o conceito físico do significado de pressão, teoricamente, para que o leitor possa ser conhecedor de termos, mas para seguir a teoria da aprendizagem significativa, utiliza novamente da analogia da patinadora, referente à figura 4, para que se possa usar de uma situação de compreensão do aluno, ainda sim, organizar suas estruturas cognitivas com o conhecimento já adquirido em seções anteriores.

Para retratar o conhecimento científico com situações encontradas no cotidiano e poder aplicar o conhecimento adquirido pela física, dá-se então o exemplo, aplicação e utilização da panela de pressão, para que o leitor possa correlacionar os conceitos envolvidos até então: calor, temperatura e pressão.

### 3.1.5 MODELO CINÉTICO DOS GASES

Para dar início ao estudo propriamente dito de termodinâmica, o autor inicia o conteúdo de gases, pois na termodinâmica, o sistema em questão geralmente é composto por gás.

No assunto de gases, o autor não aborda uma contextualização, um contexto histórico, pois aqui já poderia ser visto de forma interdisciplinar, onde poderia correlacionar datas, fatos, cientistas, uma aproximação com a disciplina de História, porém, o autor aborda de forma teórica, apenas até então com conceitos técnicos.

### 3.1.6 TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Antes de entrar no conteúdo, faz uma exemplificação, tomando como referencia da seringa, pois nela pode-se ter um fluido (ar), e com o simples fato de vedar a saída de ar, pode-se verificar a dificuldade em fazer variar o volume da seringa, fazendo assim com que o leitor possa ter idéia, de como as características pressão, volume e temperatura, no caso do exemplo, apenas pressão e volume, estão relacionadas, para a partir de então inserir os conceitos e relacioná-los: pressão, temperatura e volume.

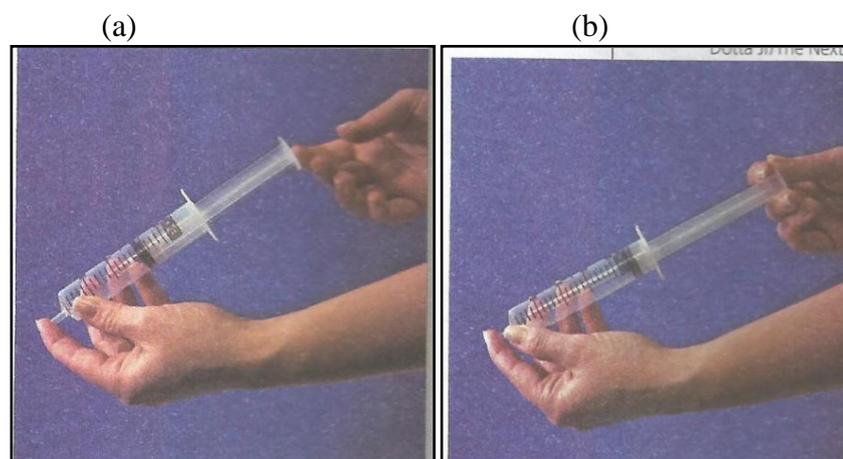


Figura 6 – Representação de transformações gasosas através da seringa. Em (a) a seringa é fechada com o dedo, em (b) tenta-se empurrar o êmbolo da seringa fechada com o dedo.

Fonte: Livro “Física em contextos”.

Para encerrar o Capítulo o autor busca um texto motivador, para fazer referência com o contexto histórico. Esse texto poderia ter sido inserido no início do Capítulo, para que desde o começo o aluno possa estar situado em que época, quem, quais os cientistas que estudavam o fenômeno, quais as correntes filosóficas que existiam na época, quais as principais teorias que tentavam explicar. Isso instiga o leitor a ver que a ciência é construída aos poucos, sendo “erguida” sobre acertos e erros, para que, o aluno do Ensino Médio, nosso foco ao analisar os livros, possa sentir liberdade de perguntar dos acertos e dos erros.

### 3.1.7 MÁQUINAS TÉRMICAS

Para iniciar o Capítulo, o autor faz uma discussão sobre máquinas térmicas, pois são elas que irão converter calor em trabalho. O livro texto busca uma relação com a História, trazendo textos motivadores entre os tópicos dos assuntos, sempre fazendo referência ao assunto abordado, no caso sobre máquinas térmicas neste tópico.

Evolui o contexto histórico sempre relacionando com a História e ilustrações para que o leitor acompanhe o processo de desenvolvimento até chegar ao século XVII, ponto chave para o autor, sendo que nessa época ocorre a Revolução Industrial, onde a termodinâmica revolucionou o mundo. Percebemos então que a interdisciplinaridade está muito presente no livro texto ora pesquisado.

Segundo, Brasil (PCN, p. 4) “(...) de certa forma, também organizam o aprendizado de suas disciplinas, ao manifestarem a busca de interdisciplinaridade”, o livro aborda de forma interdisciplinar o início do ensino de termodinâmica com a época da revolução industrial.

O autor explica quais eram as primeiras máquinas a vapor, qual sua finalidade, quando começaram a funcionar, no caso as máquinas que eram para bombear água. Utiliza-se de figuras para ilustrá-las, e de acordo com Moreira, aplica perfeitamente a aprendizagem significativa, segundo Ausubel.

Ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura na qual essa organização e integração se processam. É a estrutura cognitiva, entendida como o conteúdo total de idéias de um certo indivíduo e sua organização e integração; ou, conteúdo e organização de suas idéias em uma área particular

do conhecimento. É o complexo resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento (MOREIRA, p. 152).

Logo, o intuito do conteúdo é organizar os subsunçores, para que a estrutura cognitiva do aluno possa estar em ordem, portanto, elenca o início do Capítulo com uma abordagem interdisciplinar com a disciplina de História, faz um levantamento sobre as máquinas que existiam na época, máquinas de bombear água com energia térmica para que assim o leitor possa despertar o conhecimento prévio e preparar-se para os novos conceitos que estarão por vir.

### 3.1.8 TRANSFORMAÇÕES EM MÁQUINAS TÉRMICAS

Para falar de transformações térmicas, o autor ativa os subsunçores, mencionando sobre as máquinas térmicas para agora explicar o seu funcionamento.

Utiliza de métodos para deduzir equações simples, como por exemplo, como calcular o trabalho realizado por um gás, e não somente inserir equações para que o leitor, ao começar a resolução de problemas, faça apenas substituições das expressões por dados do exercício, e sim, para que o aluno possa entender o significado físico da expressão estudada.

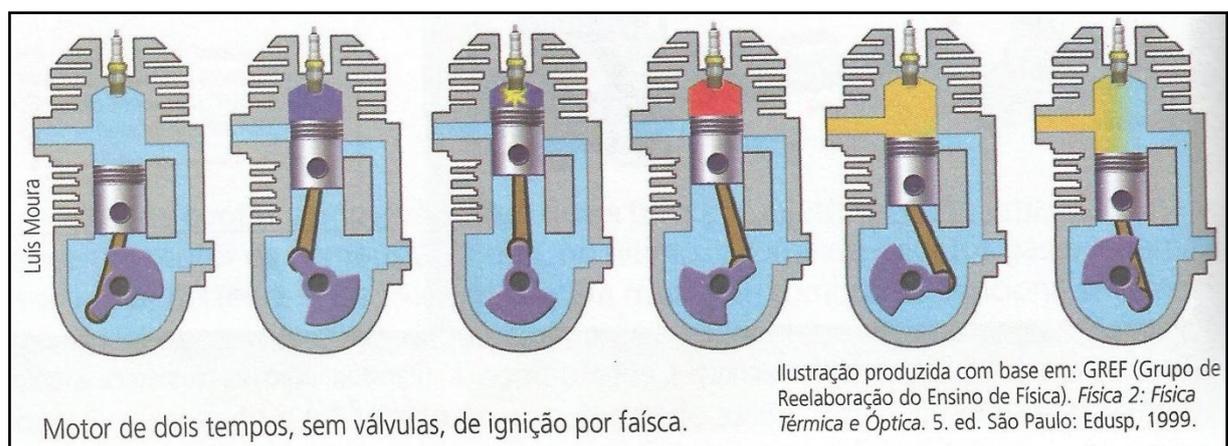


Figura 7 – Representação de motores.  
Fonte: Figura extraída do livro “Física em Contextos”.

Utiliza ainda várias figuras, como por exemplo, um balão próximo a uma fonte de calor (uma vela, por exemplo), para relacionar o aumento de pressão com o aumento de temperatura.

O autor para quantificar e usar de relações de proporção, utiliza poucos gráficos em seus textos, sendo os gráficos de enorme importância, pois são complementos para entender as proporções das equações estudadas.

Faz referência aos motores de dois tempos, com figuras ilustrativas, chegando aos motores utilizados hoje em dia.

### **3.1.9 ENERGIA INTERNA**

O tópico que antecede a primeira lei da termodinâmica é o estudo da energia interna, conceito essencial para enunciar a relação entre, calor, trabalho e a própria energia interna. Nesse tópico o leitor já consegue entender a primeira lei da termodinâmica, porque já sabe como funcionará a máquina térmica, está familiarizado que uma parte da energia interna irá se perder ao aquecer o sistema, cabendo ao livro-texto, para que de forma significativa possa ativar os subsunçores, ou seja, organizar as novas informações adquiridas com os conhecimentos adquiridos até então, unir a idéia de funcionamento de uma máquina térmica com o conceito de energia interna.

Define energia interna a partir da relação de que as máquinas térmicas terão que “perder” alguma parte de sua energia e que essa energia irá aumentar a temperatura da máquina, logo a energia seria uma grandeza física diretamente proporcional à temperatura do corpo.

Nesse assunto, o autor aborda de forma bastante motivadora textos sobre termos usados em motor de carro, como o fato da cilindrada que é a soma dos volumes de ar deslocado pelo pistão, quando este está realizando trabalho mecânico.

### 3.1.10 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Após o livro texto inserir o contexto de energia interna, aborda com um rigor físico a primeira lei da termodinâmica, pois até então, vários conceitos foram apenas para formar estruturas cognitivas, preparando assim o leitor para os conceitos que envolvem a primeira lei da termodinâmica, como calor, trabalho e energia interna.

Embora o autor tenha tido preocupação de inserir os conceitos precedentes a primeira lei da termodinâmica, o texto mesmo assim insere conceitos até não vistos como, por exemplo, na citação abaixo. “(...) em qualquer uma dessas máquinas, a energia química do combustível só é transformada em trabalho em um dos “tempos” de funcionamento.” (Pietrocola, p. 279).

Ou seja, o texto já que menciona “tempo”, poderia ter expressado melhor o significado dessa palavra.

O restante do texto sobre termodinâmica, explica a equação (4) de forma clara, exemplificando que a máquina térmica perde calor aquecendo suas peças, engrenagens, enfim, fazendo sua temperatura aumentar, aumentando assim sua energia interna.

$$Q = \tau + \Delta U \quad (4)$$

### 3.2 ANÁLISE DO LIVRO: "TÓPICOS DE FÍSICA"

O livro Tópicos de Física, cuja capa é mostrada na figura 8, aborda o assunto termodinâmica de forma bastante teórica, inicialmente sem abordagens significativas ou com exemplos práticos, apenas imagens sobre aplicação, como o exemplo do bolo cozido, haja vista a necessidade de energia para seu preparo. Conceitua onde se localiza o conteúdo de termodinâmica, em qual ramo da Física o mesmo se encontra, o que essa área de estudo abrange, relata o que será objeto de estudo, energia envolvida nos processos envolvendo variação de temperatura, ou seja, a energia térmica.

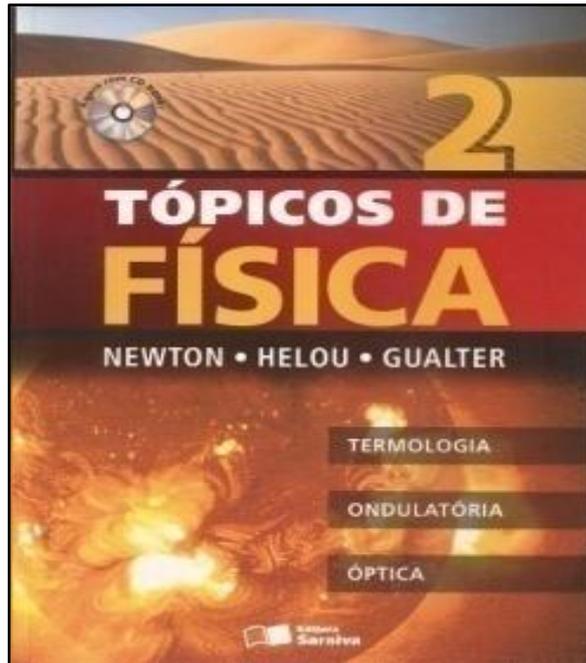


Figura 8 – Capa do livro “Tópicos de Física”  
Fonte: “Tópicos de Física”, V. 2.

A figura 9 retrata apenas esquematicamente o que está relacionado no processo de termodinâmica, para que o leitor se familiarize com os termos que irá estudar, não fazendo menção com fenômenos até então vistos no cotidiano do leitor.

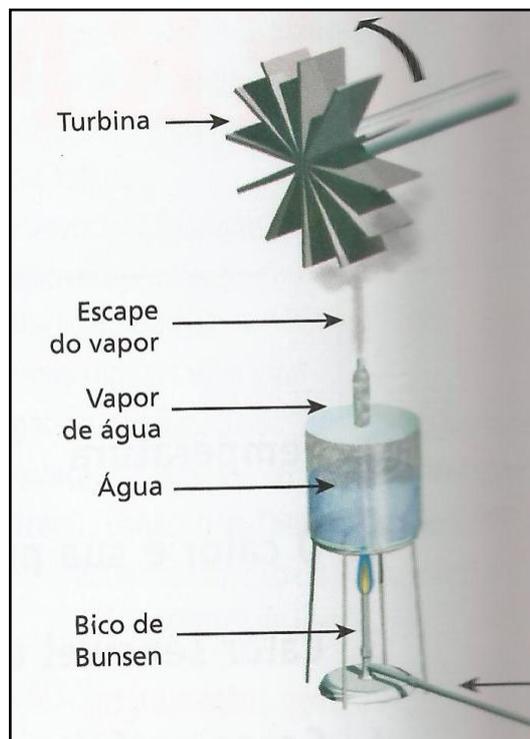


Figura 9 – Representação de sistema termodinâmica.  
Fonte: Livro “Tópicos de Física”, V2).

Para definir temperatura, o livro relata uma analogia entre um balão ao aumentar de volume com o que acontece com os átomos do corpo quando este é aumentado sua temperatura, ou seja, aumentando o volume do balão, as moléculas empurram suas paredes elásticas cada vez com mais força; o mesmo acontece quando se aumenta a temperatura de um corpo, suas moléculas vibram cada vez com maior intensidade, até o ponto que ocorre uma mudança de estado. O livro texto ressalta ainda que esse fenômeno ocorre nos estados sólido, líquido e gasoso da substância. No caso dos sólidos e líquidos, suas partículas são impedidas de movimentarem-se livremente, então vibram em regiões limitadas. A vibração das moléculas é o que chamamos de temperatura, identificando assim uma proporcionalidade, entre o aumento da temperatura com o aumento do estado de vibração das moléculas.

O autor, na tentativa de conciliar o estudo da temperatura com algum conhecimento prévio do leitor, faz a distinção de “quente” e “frio” para que o leitor entenda que tais estados são sensações térmicas, e que podem ser interpretadas de maneiras diferentes, dependendo de quem for verificar as condições de temperatura desses estados.

Para definir equilíbrio térmico, utiliza de uma figura que retrata a situação de misturar água a diferentes temperaturas, para verificar que após determinado tempo, mesmo que suas temperaturas sejam distintas, haverá um momento em que sua temperatura será a mesma.

Contudo, nesse momento, o aluno poderá não distinguir corretamente, a relação da mudança de temperatura com os fatos da sensação térmica, pois até então os autores não mencionam o que de fato é a sensação térmica mencionada anteriormente, apenas ilustrada com uma demonstração intuitiva. Logo em seguida, faz uso de uma situação em que terá líquidos a temperaturas diferentes, sendo assim confuso na estrutura cognitiva do aluno, pois até então para ele, não está definido o que seja sensação térmica; então, como se mensurar temperatura? Embora os autores definam como acontece o equilíbrio térmico, através da troca de energia térmica, dos corpos com maior energia térmica (temperatura) com os de menor energia térmica (temperatura), até que ambos sempre que possível atinjam a mesma condição em relação ao estado de agitação de suas partículas. Poderia, então, ter aproveitado o contexto apresentado, para acrescentar a idéia do que seja o calor. Uma vez que está falando que existe uma energia, que é maior em corpos com maior temperatura e por consequência, menor nos corpos que estão com menor temperatura, e que esta energia flui espontaneamente de corpos com maior temperatura para corpos com menor temperatura. Ou seja, que existe uma

transferência de energia entre dois corpos em diferentes temperaturas em contato, logo poderia abordar essa transferência de energia já para apresentar o conceito de calor.

Uma aplicação prática que o livro texto coloca para o leitor é o uso do termômetro, um aparelho comum ao leitor, podendo assim despertar curiosidade, para que seja usado o conhecimento prévio sobre como funciona o termômetro e porque a coluna de líquido dentro do mesmo varia seu comprimento. Explica então, sobre a dificuldade de analisar cada partícula individualmente, logo utiliza a ajuda de outro assunto já visto, sendo que dois corpos em contato tendem a adquirir a mesma temperatura, então estabelece a relação entre a variação do comprimento da coluna do líquido dentro do termômetro com a variação de temperatura do corpo próximo, pois os materiais tendem a aumentar suas dimensões com o aumento da temperatura, caracterizando assim o funcionamento do termômetro.

O livro-texto faz menção sobre outros tipos de termômetros para conhecimento do leitor. Explica resumidamente o funcionamento dos mesmos, pois para explicar com maiores detalhes necessita de conhecimentos sobre dilatação térmica, fato prejudicial, pois fica a lacuna em sua estrutura cognitiva, sendo este assunto ainda não entendido para o leitor. Fica, então, desordenada as informações, pois falta a parte do conhecimento para entender o funcionamento do termômetro com lâmina bimetálica, por exemplo.

O livro então inicia a parte matemática, inserindo funções para relacionar o aumento da coluna do líquido dentro do termômetro com o aumento de temperatura, para que o aluno saiba que existe essa linearidade. Momento precipitado, pois o leitor apenas sabe qualitativamente e quantitativamente através da medição do termômetro o que é temperatura. O autor, logo antes de inserir funções termométricas, poderia começar a inserir conceitos de escalas termométricas para que o leitor possa dar início ao estudo de construção de escalas, pois só então poderá entender a linearidade da relação entre aumento de temperatura e aumento de comprimento da coluna do líquido no interior do termômetro.

Para falar de calor, o livro aborda conceitos teóricos, mas já inicia uma analogia para que o leitor possa dar significado ao assunto que está sendo exposto. No caso específico, uma analogia com uma barra de chocolate, que quando dividida, a maior parte terá maior energia térmica.

Adiante o autor vai seguindo a ordem lógica de assuntos para a termodinâmica propriamente dita, passando pelo conteúdo de calor, onde aborda sua propagação, sempre com um formalismo matemático, partindo da idéia de que a matéria é constituída por átomo e que esse vibram, tendo, portanto energia.

Utiliza de gráficos e figuras que possam ilustram as equações que são deduzidas ou para ajudar a deduzi-las. Nota-se claramente a escassez de simbologias para que esse conhecimento possa assim ter uma interpretação, uma analogia, uma comparação com a realidade que o leitor tem. Com tais recursos, o livro é caracterizado por seguir uma tendência tradicional, valorizando assim a informação pela memorização.

A sequência dos assuntos é organizada de forma que favorece uma estruturação do conteúdo programático. Faltando somente dar um significado e associar os conceitos e fórmulas para que o aluno seja capaz de identificar situações em seu dia a dia.

Para chegar à termodinâmica, o livro parte de forma sistemática, expondo os pontos necessários para a compreensão, no caso em particular, da primeira lei da termodinâmica, com o exemplo das transformações gasosas e energia interna. Sobretudo, sempre com a ideia de conceitos científicos, formulado para o caso dos gases que são partículas que obedecem a mecânica newtoniana, que colidem umas com as outras em movimentos desordenados; assim, elas possuem várias formas de energia citando como exemplo energia cinética e potencial.

Finalizando o capítulo de termodinâmica, o livro novamente aborda de forma “matematizada” definindo a segunda lei da termodinâmica como sendo a impossibilidade de construir uma máquina ideal, ou seja, converter totalmente calor em trabalho mecânico. Estabelece a relação do rendimento da máquina térmica, estudando na segunda lei da termodinâmica, sendo que esse rendimento depende apenas da quantidade de calor que a máquina recebe e cede. Por sua vez, já expõe a equação matemática que a descreve, sem fazer uma analogia ou contextualizá-la, de tal forma que possa gerar um significado à mesma, deixando para detalhá-la quando for estudar a segunda lei da termodinâmica.

$$n = 1 - \frac{Q_B}{Q_A} = 1 - \frac{T_B}{T_A}$$

Sendo que o índice A representa a quantidade de calor recebido da fonte quente e o índice B o calor cedido para a fonte fria. Sendo a diferença entre essas quantidades de calor o trabalho realizado pela máquina térmica.

### 3.3 ANÁLISE DO LIVRO: “FUNDAMENTOS DA FÍSICA”

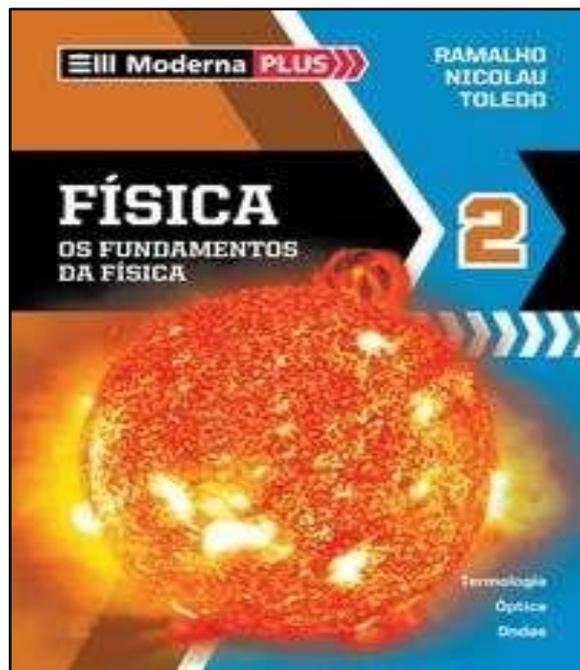


Figura 10 – Capa do livro “Fundamentos da Física”  
Fonte: Livro “Fundamentos da Física”.

Para abordar o assunto de termodinâmica o livro Fundamentos da Física, cuja capa é mostrada na figura 10, faz uso de muitas equações e pouca contextualização, valorizando o formalismo matemático. Começa o assunto com a introdução do conceito de calor, estudo dos gases, transformações gasosas, conceito de mol e número de Avogadro, equação de Clapeyron, dando uma sequência organizada aos conteúdos para chegar à termodinâmica.

Para começar a teoria cinética dos gases, importante para o estudo da termodinâmica, pois precisará saber conceitos como energia interna, como a matéria é estruturada, entre outros, precisando assim da organização estruturada das informações.

Faz uso de conceitos e hipóteses para chegar a um resultado. Busca acionar os subsunçores, levantando conceitos da mecânica newtoniana, quando aborda o modelo cinético dos gases e que estes estão em constante movimento desordenado. Logo, sendo seus movimentos desordenados, haverá colisões entre os mesmos. Isso para se chegar à conclusão de que o gás são partículas que estão em movimento desordenado, porém, sem fazer comparação com sua vivencia, sem utilizar de forma a ativar seus subsunçores para que possa ser então acrescido um novo conhecimento.

Definido o modelo cinético dos gases, o livro deduz a expressão matemática da equação da energia cinética do gás, utilizando apenas argumentos matemáticos, relacionando com a temperatura, sendo que até então não utiliza de analogias, modelos, situações. Enfim, não usa algo que o aluno possa dar um significado para assim reter informações. Conforme Campos (2008, p. 59) que sugere que, para ocorrer a aprendizagem significativa, precisa-se problematizar o assunto para que o aluno possa utilizar sua estrutura cognitiva e não apenas aprender pelo método mecânico, tradicional, usando a repetição e não sendo capaz de dar significado ou interpretar o que está acontecendo ao seu redor; não sendo portanto um ser crítico conforme sugere os PCNs.

Para assimilar a teoria abordada, o livro faz uso de exercício, onde a matemática prevalece sobre o conhecimento físico, pois há uma escassez de questões que contemplem de forma contextualizada o conteúdo.

Após definir conceitos necessários, chega-se ao assunto das leis da termodinâmica.

Para iniciar, começa com considerações preliminares, onde o autor ressalta o que é o estudo da termodinâmica, que é a relação entre as trocas de calor e energia. Busca as informações no estudo da propagação do calor, para que assim possa buscar os subsunçores e partir de conceitos anteriores inserirem novos. Porém o faz de forma não contextualizada, apenas teorizando, faltando uma analogia, pois o conteúdo é visto de forma muito abstrata podendo assim causar dificuldades em sua assimilação.

O livro se utiliza apenas de informações, fazendo com que o aluno não utilize sua estrutura cognitiva, conforme no exemplo que Campos (2008, p. 53) nos dá, em que o aluno aprende a data do descobrimento da América, por exemplo, apenas pela informação, não sendo capaz de saber quais os motivos, causas e consequências que ocasionaram tal fato, ou

seja, não seria capaz de usar sua estrutura mental, para pensar nos “porquês”, ocasionando apenas um aprendizado por informação, não sendo portanto um aprendizado significativo, pois foram apenas informações, sem um contexto, sem uma problematização e conseqüentemente sem um significado.

## CAPÍTULO 4. PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA.

A proposta defendida nesta monografia consiste em utilizar recursos que, sempre que possível, possamos buscar os subsunçores, e assim, ordenar as informações que serão inseridas na estrutura cognitiva do aluno.

### 4.1 CALOR

Para abordar o conteúdo de calor, seria imprescindível falar sobre a importância desse tema, como por exemplo, começando uma série de questionamentos sobre a vida do aluno e como o calor está presente. A começar, pela própria roupa que ele está vestindo, que está limpa e que precisou de algum tipo de energia para secá-la, possivelmente energia térmica proveniente do sol.

Após contextualizar “calor”, partimos para a cozinha, para definir o que seria de fato esse calor, essa energia, seria proporcional a que? O que faz aumentar essa grandeza?

Podemos problematizar, com o simples fato de ferver uma água. Pois para isso, precisa-se de certa quantidade de calor. Caso duplicar a quantidade de água, duplicaria a quantidade de calor necessária para fervê-la. Observamos que, a princípio, existe uma proporcionalidade entre a quantidade de calor e a quantidade de matéria do corpo, a massa.

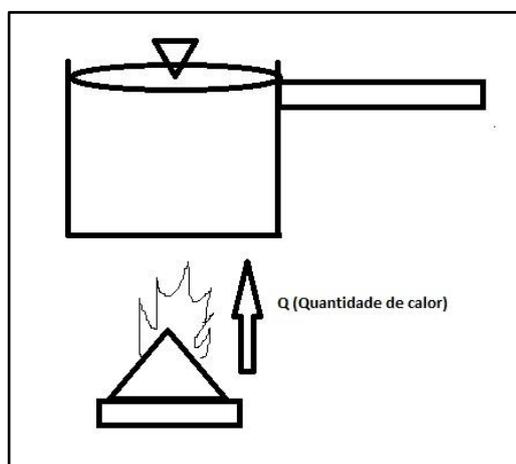


Figura 11 – Panela sendo esquentada por uma fonte de calor.  
Fonte: Elaborada pelo autor.

E fazemos a mesma analogia com a temperatura, deixando a massa constante e querendo ferver mais rápido a água, qual o procedimento mais aconselhado? Pela vivência do aluno, sua resposta poderia ser automática, como aumentar a temperatura. Então, teríamos outro fator de proporcionalidade, concluindo então, que a quantidade de calor é proporcional à massa e à temperatura.

E como último passo para concluir os termos que geram a equação fundamental da calorimetria, é só comparar qual o material aquece mais rápido, e comparar vários materiais conhecidos do aluno. Ele irá perceber que existe uma relação direta com o tipo de material. Pois, dependendo do material, para uma mesma massa dois objetos podem ser aquecidos diferentemente. A grandeza associada a esse fato é definida como calor específico.

Conclui-se então que a quantidade de calor é proporcional à massa, material que o corpo ou substância é feito e variação de temperatura que o mesmo é submetido, podendo, portanto gerar a equação fundamental da calorimetria.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (5)$$

em que  $Q$  é a quantidade de calor trocado com o meio,  $m$  é a quantidade de massa,  $c$  é o calor específico do material e  $\Delta T$  é a variação de temperatura que o corpo sofreu.

Depois de problematizado e definido o conceito de calor, assim como a equação fundamental da calorimetria de forma a dar significado a essa expressão, partimos para o próximo passo, energia interna.

## 4.2 ENERGIA INTERNA

Podemos abordar o tópico de energia interna, conforme Hewitt (2008, p. 313) tomando como exemplo, o próprio livro que o aluno está lendo, fazendo o livro como objeto de estudo. Ele explica que os livros são formados por átomos, e estes estão em constante vibração, logo possuem energia, como por exemplo, energia cinética devido sua vibração e energia potencial elétrica, devido seu nível molecular.

Utilizando este exemplo, podemos dizer que a energia interna é a soma de todas as energias envolvidas no sistema.

Para associar o conceito a um significado, podemos pedir que a turma, pegue nas mãos uns dos outros formando um círculo e que comecem a balançar as mãos, uma só pessoa tem certa energia, somando a energia de todos os que estão balançando as mãos, temos a energia total do sistema, ou em outras palavras a energia interna do sistema.

### 4.3 TRABALHO REALIZADO POR UM GÁS

Para definir o trabalho realizado por um gás, podemos associar a um medicamento injetável.

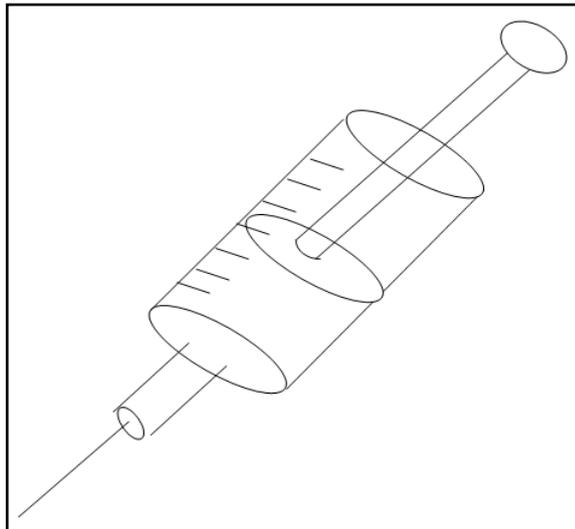


Figura 12 – Seringa, para analogia com o trabalho realizado por um gás.  
Fonte: elaborada pelo autor.

A seringa como um todo e o medicamento que está dentro da seringa pode ser representado como o sistema a ser estudado. Ao injetar o medicamento, aplica-se uma pressão no êmbolo da seringa, fazendo com que o volume de dentro diminua, ou seja, expulsando o medicamento pelo orifício, via agulha. Logo ao ser expulso o medicamento realiza trabalho.

A analogia busca um significado físico para o aluno, que segundo Campos (2008, p. 53) é importante que as informações tenham um significado, e segundo Moreira (2008, p. 153) a informação está sendo inserida sobre uma que ele já tem, sua própria vivência. O simples fato do leitor saber como é o processo de um medicamento injetável, ele ao aprender sobre trabalho de um gás, já poderá fazer referência com o sistema já conhecido.

#### 4.4 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

Já definido, identificado e associado os termos necessários para o conteúdo de termodinâmica, podemos passar para a analogia, onde buscaremos o conhecimento prévio do aluno, ou seja, sua própria vivência. A primeira lei da termodinâmica trata de uma extensão do princípio da conservação da energia, logo, no caso da termodinâmica, a relação entre a quantidade de calor recebida ou cedida com o trabalho mecânico que pode ser executado.

Podemos utilizar o simples fato de fazer pipoca, desde que não seja de microondas. Sendo que para o milho virar pipoca necessita de certa quantidade de calor, que será fornecida pelo fogão, através de condução térmica, chegando até o milho.

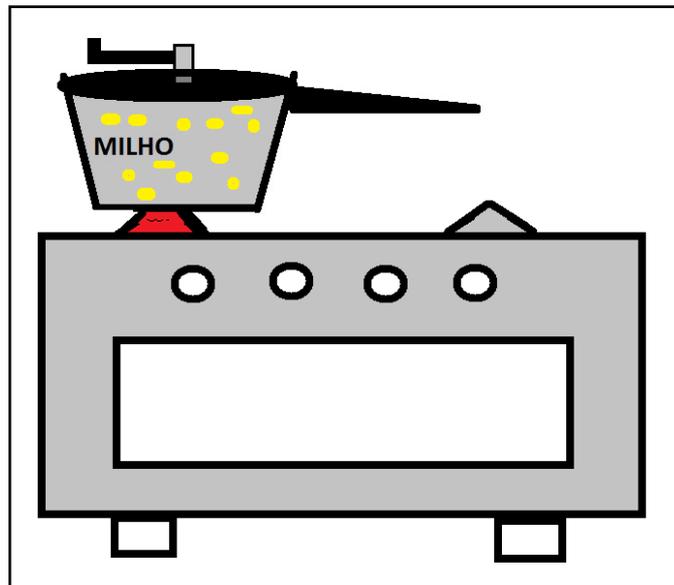


Figura 13 – Fogão aquecendo a panela para representar um sistema termodinâmico.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 13 acima ajudará a entender, o fogão libera certa quantidade de calor, que chegará ao milho, e este começará a pipocar, empurrando assim a tampa da panela. Até então, este fato o estudante já conhece, cabe agora ao professor, acionar a estrutura cognitiva, pois preparado sua estrutura mental, podemos agora enunciar a primeira lei da termodinâmica.

Uma quantidade de calor é liberada, parte dessa quantidade de calor, fará o milho empurrar a tampa da panela, ou seja, realizar trabalho e outra parte da energia aumentará a temperatura da panela, aumentando assim a energia interna do sistema, que no nosso caso é o milho e o ar dentro da panela.

Logo com essa proposta, esperamos utilizar de forma adequada a estrutura cognitiva do aluno, para que não apenas decore fórmulas e exercícios, e sim possa analisar situações para poder identificar princípios e leis da física ao seu redor.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES

A forma com que o livro aborda o conteúdo pode ser um incentivo e ajuda para o professor que o utiliza, pois se observa que cada livro segue uma tendência pedagógica, ou sobre sua estrutura predomina uma tendência.

Os livros orientam o trabalho do docente, quanto melhor sua estrutura, mais fácil o aprendizado significativo do aluno. Os livros tradicionais seguem no geral um aprendizado em nível de memorização, fazendo com que o aluno decore fórmulas, dedução matemática e logo em seguida por método de substituição, resolva o maior número de exercícios possível. Caracterizando assim, um aprendizado por repetição, não sendo o aluno capaz de usufruir de seu conhecimento no cotidiano.

Nos livros que seguem ou predominam uma tendência construtivista, o aprendizado é mediado pelo professor, sendo que o próprio texto expõe situações para que o aluno possa usar sua estrutura cognitiva. Deixando a aprendizagem motora, ou seja, por repetição de lado, fazendo do aluno um ser pensante, crítico capaz de identificar situações, problemas e projetar soluções, pois como seu conhecimento foi construído de forma organizada na sua estrutura cognitiva, este consegue usufruí-la. Logo, para um bom desenvolvimento do aluno, sugerimos seguir o seguinte diagrama da figura 14.

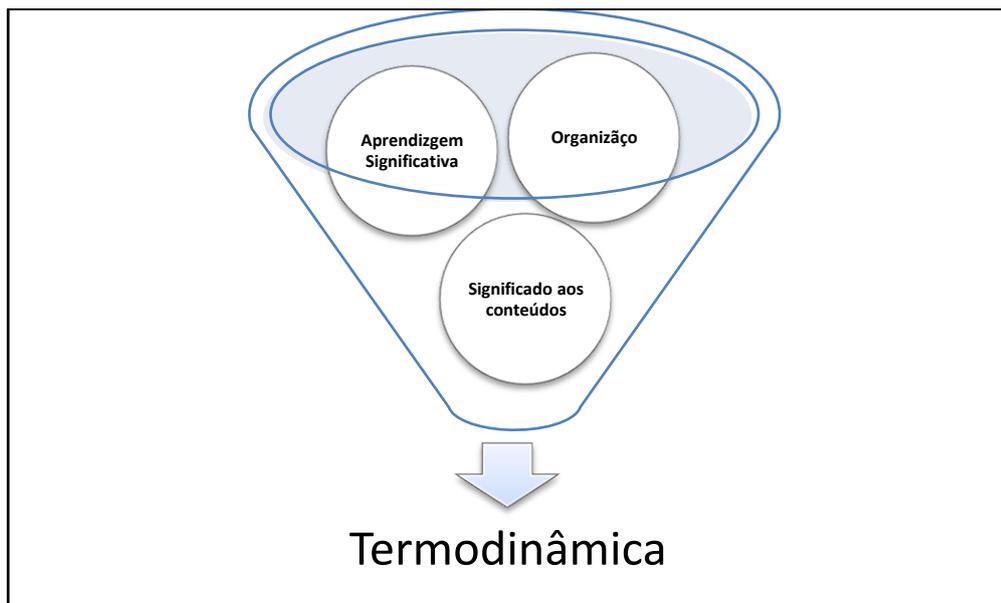


Figura 14 – Fluxograma da proposta de aprendizagem.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi notada também a escassez de sugestões de experimentos nos livros tradicionais, enquanto nos livros construtivistas tinham bastante sugestões. Os experimentos são importantes para que o aluno possa de fato dar significado para sua aprendizagem. Ressaltamos ainda, que para o ensino de física, nada melhor para o aluno do que comprovar o que esta estudando, não através de equações, mas através de experimentos ou da própria natureza.

A contextualização, outro aspecto que os PCNEM abordam, observou-se a falta nos livros tradicionais, pois no geral eles apenas “matematizam” a física, deixando-a apenas como uma ciência que é praticada dentro do laboratório bem estruturado ou simplesmente estudada em sala de aula.

A interdisciplinaridade esteve ausente em ambos, livros tópicos de física e fundamentos da física, podendo este ser mais abordado, pois a física pode estar presente na história, na matemática, na geografia entre outras. Como por exemplo, posso citar alguns ramos da física com geofísica, físico-química. Podendo buscar inter-relacionar os conteúdos com as demais disciplinas.

A síntese dos dados obtidos a partir da análise dos livros Física em Contextos, Tópicos de Física e Fundamentos da Física pode ser observada nos resumos abaixo.

<b>LIVROS</b>	<b>NÍVEL DOS EXERCÍCIOS</b>	<b>FORMALISMO MATEMÁTICO</b>	<b>ABORDAGEM NO COTIDIANO</b>
<b>Tópicos da Física</b>	Difícil	Muito	Pouco
<b>Física em Contextos</b>	Fácil	Pouco	Muito
<b>Fundamentos da Física</b>	Difícil	Muito	Pouco

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Tabela 1 – Síntese sobre nível dos exercícios, formalismo matemático e abordagem no cotidiano para os livros aqui analisados.

No final desta monografia foi proposto uma ideia para ilustrar como poderia ser abordado o ensino da primeira lei da termodinâmica, a fim de buscar alguns destes pontos para que o aluno torne sua aprendizagem significativa, associando a fórmulas e conceitos

significado tanto físico como em situações que possam ilustrar o que é ensinado, fazendo que com isso possa ser ativado os subsunçores da estrutura mental do aluno. Sendo considerado que o professor deva buscar informações para contextualizar o ensino e buscar uma interdisciplinaridade sempre que possível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, Maria José. **História da Física**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2006. p. 46.
- BRASIL. MEC. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>, acessado em 18/07/2013. p. 6.
- BOAS, Newton Villas Bôas; Doca, Ricardo Helou; Biscuola, Gualter José. **Tópicos de Física**. Vol 2. São Paulo: FTD, 2010.
- CAMPOS, Dinah Martins de Souza. **Psicologia da aprendizagem**. 37 ed. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2008).
- MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**: MEC, SEMTEC, 2002.
- MOREIRA, Marcos Antonio. **Teorias da Aprendizagem**. Editora Pedagógica e Universitária LTDA, São Paulo, 1999. p. 151 a 155.
- [http://pt.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A2ngulo\\_do\\_fogo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A2ngulo_do_fogo), acessado em 18/07/2013.
- HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- OLIVEIRA, Murício Pietrocola Pinto de. **Física em contextos: pessoal, social e histórico**. São Paulo: FTD, 2010.
- RAMALHO, Francisco R. Junior; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Fundamentos da Física**. 10 ed. Vol 2. São Paulo: MODERNA, 2009.
- <http://www.nupic.fe.usp.br/Publicacoes/livros/FsicaemContextosCapa2.GIF/view>, acessado em 01/08/2013.