



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

JOÃO BOSCO ABRANTES JÚNIOR

**ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS PARA O
ENSINO DA TERMODINÂMICA**

Campina Grande - PB

2015

JOÃO BOSCO ABRANTES JÚNIOR

**ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS PARA O
ENSINO DA TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientadora: Dra. Morgana Lígia de Farias Freire

Co-Orientador: Dr. Irio Vieira Coutinho A. Gomes

Campina Grande - PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A161a Abrantes Júnior, João Bosco.
Animações virtuais interativas para o ensino da termodinâmica [manuscrito] / João Bosco Abrantes Júnior. - 2015.
122 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.
"Orientação: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire, Departamento de Física".
"Co-Orientação: Prof. Irio Vieira Coutinho A. Gomes, Departamento de Física".

1. Ensino de Física. 2. Termodinâmica. 3. Recursos digitais.
4. Tecnologia na educação. I. Título.

21. ed. CDD 371.33

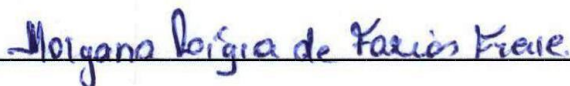
JOÃO BOSCO ABRANTES JÚNIOR

**ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS PARA O ENSINO DA
TERMODINÂMICA**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba como requisito para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Aprovado em: 25 / 09 / 2015

Banca Examinadora



Prof. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire – UEPB (Orientadora)



Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano – UEPB (Examinador Interno)



Prof. Dr. Francisco de Assis de Brito – UFCG (Examinador Externo)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, *João Bosco Abrantes e Maria de Fátima Vieira Brasil*, a quem devo todas minhas conquistas.

Aos meus avós, *Jeová Vieira Campos e Francisca Vieira Brasil e, José Abílio Abrantes (In memória)*.

Aos meus filhos *Keven Abrantes Lira e Júlia Brasil Abrantes*, que são estímulos na minha vida e tenho imenso amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida, pelas oportunidades concedidas e por todas as minhas conquistas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática (PPGECM), pelos conhecimentos transmitidos e dedicação na sua tarefa de formar mestres.

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) por me oferecer a oportunidade de realizar um mestrado.

A Profa. Dra. Morgana Ligia de Farias Freire, Orientadora, e ao Prof. Dr. Irio Vieira Coutinho A. Gomes, Co-orientador, pela valorosa e competente contribuição, pela paciência necessária e, acima de tudo, por acreditarem na conclusão deste trabalho.

Ao colega de trabalho e amigo, Ms. Gilvandro Vieira da Silva, pelo apoio e valorosa contribuição para finalização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, sem eles este grande sonho não seria realizado.

Ao meu irmão, Alysson Vieira Brasil Abrantes e minhas irmãs, Arinalda Vieira Brasil Abrantes e Arineide Vieira Brasil Abrantes pelo apoio e torcida.

A todos os meus amigos pelo apoio e incentivo, desde aqueles mais próximos, até os mais distantes, meus sinceros agradecimentos.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho se tornasse realidade.

O Autor

RESUMO

A inserção de ferramentas computacionais para auxiliar no ensino da Física é algo cada vez mais exigido devido ao novo perfil de sociedade, escola e estudante. Os recursos computacionais podem promover no processo de ensino e aprendizagem da Física, novas formas de ensinar, aprender e pensar tendo em vista os mais variados recursos que ela pode oferecer. Como exemplo, podemos citar os laboratórios virtuais disponíveis na internet que permitem o desenvolvimento de experiências virtuais promovendo uma fácil visualização dos fenômenos estudados. Neste trabalho, tivemos como objetivo, a partir da produção de um material didático com imagens animadas, denominadas Animações Virtuais Interativas, de conteúdos da Termodinâmica e, através de experiências na sala de aula, testar e investigar o alcance e seus limites. Como percurso metodológico adotamos a abordagem qualitativa e para os desdobramentos da investigação, foram usadas as seguintes formas: exploratória, descritiva e estudo de caso. Quanto ao estudo de caso, nesta pesquisa, está envolto ao processo de avaliação da validade de um instrumento pedagógico que é a aplicação dos objetos interativos virtuais simples, ou seja, as Animações Virtuais Interativas no conteúdo de termodinâmica. A escolha do conteúdo da Termodinâmica deu-se por este fazer parte da ementa do curso e/ou componente curricular em que o autor é professor, pela dificuldade de aprendizagem apresentada pelos estudantes, notado pelo baixo rendimento, verificado pelas notas abaixo da média, e por possuir alguns conceitos abstratos nas leis e fenômenos. As Animações Virtuais Interativas, mesmo com suas limitações, permitiram uma mudança na forma de ensinar e aprender criando um ambiente favorável para o processo de ensino e aprendizagem.

Palavras Chaves: Ensino da Física. Termodinâmica. Animações Virtuais.

ABSTRACT

The insertion of computational tools to assist in the teaching of physics is something increasingly required due to the new company's profile, school and student. Computing resources can promote the teaching and learning of physics, new ways of teaching, learning and thinking considering the various features it can offer. As an example, the virtual labs available on the internet that allow the development of virtual experiences promoting easy viewing of the phenomena studied. In this work, we aimed, from the production of didactic material with animated images, called Virtual Interactive Animations, of Thermodynamics content and, through experiences in the classroom, test and investigate the scope and limits. As methodological approach we have adopted the qualitative approach and the developments of the investigation, were used the following forms: exploratory, descriptive and case study. As for the case study, this research is shrouded the process of assessing the validity of a teaching tool that is the application of simple virtual interactive objects, ie, the Virtual Interactive Animations on thermodynamics content. The choice of Thermodynamics content took place in this part of the menu of the course and / or curriculum component in which the author is a teacher, learning disability presented by the students, noted for low income, verified by the notes below average, and by having some abstract concepts in laws and phenomena. Virtual Interactive Animations, even with its limitations, allowed a change in the way of teaching and learning by creating a favorable environment for teaching and learning.

Keywords: Teaching of Physics. Thermodynamics. Virtual Animations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Animação da temperatura, agitação térmica e energia cinética.....	51
Figura 2	Imagem estática que representa dois sistemas A e B isolados um do outro por paredes adiabáticas.....	52
Figura 3	Animação do processo de equilíbrio térmico.....	52
Figura 4	Animação da energia cinética.....	53
Figura 5	Animação do processo de troca de calor.....	54
Figura 6	Animação da Lei Zero da Termodinâmica.....	56
Figura 7	Animação do trabalho realizado por um gás ao ser aquecido.	57
Figura 8	Animação do trabalho realizado sobre o gás ao aumentar a pressão sobre ele.....	58
Figura 9	Animação do digrama pV	64
Figura 10	Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow B$ realizada por três caminhos (I), (II) e (III) diferentes.....	64
Figura 11	Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow C$ realizada por dois caminhos 1 e 2 diferente.....	65
Figura 12	Animação da transformação gasosa do estado 1 para o estado 2.....	67
Figura 13	Animação do diagrama VT	71
Figura 14	Animação do diagrama pT	72
Figura 15	Animação das isotermas no diagrama pV .	73
Figura 16	Animação da transformação adiabática de um gás ideal do estado 1 para o estado 2.....	75
Figura 17	Animação do diagrama pV de um processo adiabático.....	75
Figura 18	Animação da transformação cíclica ABA no diagrama pV	76
Figura 19	Animação da expansão livre de um gás ideal.....	78
Figura 20	Animação da passagem espontânea de calor de um corpo B para outro A.....	80
Figura 21	Animação de uma transformação irreversível: uma gota de tinta caindo e se espalhando em um recipiente contendo água.....	80
Figura 22	Animação do funcionamento de uma máquina térmica a vapor.....	82
Figura 23	Animação do funcionamento de uma máquina térmica de combustão interna.....	82
Figura 24	Animação esquemática do funcionamento de uma máquina térmica....	82
Figura 25	Animação de um processo cíclico de uma máquina térmica.....	84
Figura 26	Animação esquemática do funcionamento de um refrigerador.....	86
Figura 27	Animação do ciclo de Carnot.....	87
Figura 28	Gráfico comparativo entre as notas obtidas pelos oito estudantes sujeitos de pesquisa nas avaliações individuais I e II.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Quadro de animações virtuais elaboradas e presentes no material didático sobre o conteúdo da Termodinâmica.....	47
Tabela 2	Quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na Avaliação Individual I sobre o conteúdo da Termodinâmica.....	92
Tabela 3	Quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na Avaliação Individual II sobre o conteúdo da Termodinâmica.....	94
Tabela 4	Comparação das notas obtidas pelos estudantes sujeito de pesquisa nas Avaliações Individuais I e II sobre o conteúdo da Termodinâmica.....	95
Tabela 5	Quadro percentual de aumento das notas dos estudantes entre as Avaliações Individuais I e II sobre o conteúdo da Termodinâmica.....	96

SUMÁRIO

PALAVRAS DO AUTOR	10
INTRODUÇÃO	12
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
1.1 CARACTERÍSTICAS DO ENSINO DA FÍSICA	16
1.2 CONCEPÇÕES SOBRE O ENSINO DA FÍSICA	19
1.3 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA	21
1.4 O USO DE ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS NO ENSINO DA FÍSICA	24
1.4.1 LINGUAGEM DAS ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS	25
1.4.2 UTILIZAÇÃO DAS ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS.....	27
1.5 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	28
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	31
2.1 ALGUNS ASPECTOS DA METODOLOGIA DA PESQUISA	31
2.2 PERCURSO METODOLÓGICO	32
2.3 MATERIAL DIDÁTICO E AS ANIMAÇÕES VIRTUAIS.....	43
3. MATERIAL DIDÁTICO ELABORADO SOBRE TERMODINÂMICA COM ANIMAÇÕES VIRTUAIS.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICES.....	112
ANEXOS.....	121

PALAVRAS DO AUTOR

Enquanto professor de física do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) Campus Cajazeiras, compreendo meu valor como ator na construção de uma educação dialógica, pública e de qualidade nesta Instituição. Então, tentando trilhar o caminho certo, isto é, indo ao encontro dos meus pares para sugerir uma reflexão e parceria intercultural no exercício de construir conhecimento como “contemplação da prática”, produzir novos atores, futuros da nossa sociedade, os nossos jovens estudantes, a partir de um ensino efetivo e de qualidade. Faço parte de uma instituição, que, como muitas outras, convive sob o desafio de encontrar uma solução para os problemas relativos ao ensino e a aprendizagem. Como professor de Física dos cursos técnicos, tecnológicos, licenciatura e Bacharelado desta instituição, me preocupo com os problemas relacionados ao ensino deste componente curricular.

Foi para este contexto institucional que a vida me trouxe. A educação, caminho árduo e repleto de difíceis obstáculos. Um dia aluno, hoje professor desta instituição. Quando terminei a graduação em licenciatura em física, cheio de entusiasmos e projetos, iniciei minha vida acadêmica em meio a um ensino em crise, principalmente na área em que me formei, e me deixei afetar por ele. Naquele momento, decepcionado, guardei meu diploma e cedi a imposições apresentadas pelo sistema e pelo meio. Infelizmente esta era a demanda, tentei tirar meu diploma do armário, lutar contra essas imposições e alterar a realidade para o que considerava ser a certa, sem obter sucesso, além de causar confusões, o que me deixou ainda mais decepcionado. Ainda acredito que o modelo correto da academia não está sendo contemplado, predominam alguns conflitos e inversões de valores, mas a sociedade hoje é bastante propícia e favorável as transformações.

Mesmo diante das dificuldades que se agravavam, resisti e cheguei aqui para me tornar mestre e prosseguir com meu papel acadêmico, ainda acreditando que podemos melhorar. Acredito no pressuposto pedagógico que

não há um caminho para a transformação, a transformação é o próprio caminho da educação. Desta forma, é necessários repensar as práticas, pois todo educador precisa se atualizar. Valorizar a relação dialógica nas atividades educacionais com alunos e colegas professores, escutar, refletir e analisar. Isso muito ensina e estimula a produzir.

INTRODUÇÃO

No Brasil, como em qualquer país do mundo, a educação, especialmente o ensino de ciência vem sendo arquitetado ao longo dos anos apoiado em questões políticas (ROSA e ROSA, 2005). Este fato vem causando descaso e falta de compromisso com a formação intelectual e científica dos estudantes. O ensino da Física é um reflexo desse contexto, que começa nas escolas e continua nas universidades.

Ainda hoje, o ensino da Física não sofreu alterações significativas, permanecendo um ensino preso a modelos tradicionais e, distante da sociedade atual (ROSA e ROSA, 2005; RODRIGUES, 2005). Por mais que seja tema discutido em muitos eventos, nacionais e internacionais, o ensino da Física não consegue atingir níveis desejáveis de aprendizagem, sendo praticado, na sua grande maioria, longe dos ideais pedagógicos atuais e, desarticulado das relações social, tecnológica e científica. Ele continua mantendo-se ligado aos processos de ensino voltado apenas a transposição de informação, sem qualquer vínculo com as concepções e modelos modernos de ensino. Segundo Bezerra et al. (2009, p. 1-2), “para que ocorra uma aprendizagem significativa, é preciso o envolvimento de professores e alunos, considerando os meios que interferem nessa aprendizagem, como o livro didático e as novas tecnologias”.

Desde que a Física começou a fazer parte do currículo e ser ensinada nas Escolas e Universidades do Brasil, sua forma de abordagem praticamente não sofreu alteração, continua fortemente identificada com a mesma prática de ensino de décadas atrás, uma prática voltada apenas à transmissão de informações pré-estabelecidas através de aulas meramente expositivas, que utilizam métodos voltados para resolução de exercícios (NARDI, 2005).

É de conhecimento geral que os problemas existem no ensino da Física, desde a seleção dos conteúdos até a metodologia utilizada, entre outros elementos que constituem a ação pedagógica do professor (ROSA e ROSA

2007). Afirmamos isso, visto que a finalidade da Física, principalmente, na educação básica, ainda, não parece esclarecida para os especialistas em educação. Pesquisas na área de ensino de física apontam que as necessidades dos seus objetivos sejam indicadas e definidas claramente. Conhecemos as dificuldades que muitos estudantes, sejam do ensino médio ou superior, da rede pública ou privada, apresentam na compreensão, interpretação e aplicação de questões e problemas envolvendo os fenômenos físicos (BEZERRA et al., 2009).

Fundamentado no que foi exposto em parágrafos anteriores, acreditamos que os problemas existentes no ensino da Física e as dificuldades dos estudantes na aprendizagem estão ligados a prática de um ensino tradicional, mediado por professores sem intimidade com novos recursos de ensino, utilizando, muitas vezes, materiais didáticos desatualizados para atender as atuais demandas e exigências do mundo moderno. Em geral, os textos apresentados nos livros didáticos, para os cursos de graduação, são extensos e possuem uma linguagem sem objetividade e complexa para os estudantes que, pela primeira vez, se deparam com um mundo novo e, para eles, de difícil compreensão. Isso faz com que as leituras sejam chatas e cansativas, tornando o ensino desprovido de significado, ou seja, a aprendizagem, que é o verdadeiro objetivo não é alcançada.

Desse modo, entendemos que é necessária a utilização de novas práticas de ensino, práticas voltadas para a utilização de novas concepções e modelos modernos. No desenvolvimento dessas práticas educativas no processo de ensino e aprendizagem, os educadores devem despertar para a utilização das inovações tecnológicas e recursos computacionais, atualizando-se as exigências da sociedade atual. Como exemplo, podemos destacar a utilização de objetos de aprendizagem, tais como, Animações Virtuais Interativas e simulações virtuais para ensino da Física, acreditando que, sendo bem explorados, podem possibilitar ao estudante uma concreta ligação da teoria e seus conceitos, com a prática e seu significado. Dessa forma, as TIC:

[...] constituem em recursos auxiliares no aprendizado, visto que podemos obter conhecimento por meio da interatividade e através da

visualização de modelos baseados na realidade, favorecendo a assimilação ou reformulação de conceitos de maneira mais eficiente do que a aula tradicional com quadro - negro e giz. Assim, a combinação de interação e entretenimento pode facilitar o ensino e a aprendizagem (GONÇALVES; VEIT; SILVEIRA, 2006, p.34).

Mediante o exposto e na perspectiva de promover um ensino de física efetivo e uma aprendizagem expressiva na área da Termodinâmica para os estudantes do ensino superior do IFPB (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba), Campus Cajazeiras, este trabalho nasce com a finalidade de elaborar um material didático que apresente imagens animadas virtuais e interativas, com textos de linguagem simples, objetiva e de fácil compreensão e, deduções das leis e equações físicas, diversificando o método de ensino e alterando sua prática tradicional para enfrentar o insucesso que é nítido.

Acreditamos na finalidade deste trabalho, e esperamos que o material didático elaborado seja divulgado e sirva como instrumento de apoio pedagógico, reflexão, incentivo e articulação para outros professores de física e de outras áreas da ciência.

OBJETIVOS

O objeto de estudo desse trabalho surgiu da necessidade, como professor de física que convive sob o estigma de encontrar uma solução para poder minimizar os problemas apresentados no ensino e na aprendizagem deste componente curricular e, de desenvolver práticas mais eficientes de ensino para o processo de construção do conhecimento do educando.

Geral

A partir da produção de um material didático que apresenta imagens animadas de conteúdos da Termodinâmica, testar e investigar o alcance da proposta através de uma experiência na sala de aula.

Específicos

- 1) Apresentar e utilizar as Animações Virtuais Interativas no ensino da Termodinâmica;

-)} Incentivar o uso de objetos de aprendizagem no ensino da Física;
-)} Estimular o uso e prática pedagógica auxiliada por ferramentas computacionais, apoiando o desenvolvimento e as transformações do ensino para outro mais moderno e atualizado com a sociedade atual;
-)} Buscar interação sistematizada dos estudantes com os professores e os assuntos ensinados através da utilização de Animações Virtuais Interativas;
-)} Avaliar o uso das Animações Virtuais Interativas através de uma intervenção didática e;
-)} Constituir vínculos que estabeleçam trocas de saberes, conhecimentos e experiências que vitalizem o ensino da Física.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação, que inicia com algumas palavras do autor sobre seu percurso acadêmico e profissional e, em seguida a introdução, apresentando a justificativa, os objetivos, geral e específicos e a estrutura da dissertação, está dividida em cinco capítulos. No primeiro capítulo, definimos a fundamentação teórica, levantamos uma reflexão sobre o ensino da Física, suas características e concepções, sobre a relação entre educação e tecnologia, sobre o papel da internet como meio facilitador do ensino, sobre o uso de Animações Virtuais Interativas no ensino da Física, sua linguagem e propostas para utilização e, por fim, propomos também, uma reflexão sobre o objeto de estudo, as TIC. No segundo capítulo, comentamos sobre alguns aspectos da metodologia da pesquisa, explicamos os processos metodológicos e como se apresenta o material didático. No terceiro capítulo, apresentamos o material didático elaborado sobre Termodinâmica com as animações virtuais. No quarto capítulo, comentamos sobre a análise da aplicação e dos resultados obtidos. No quinto capítulo, expomos as considerações finais.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 CARACTERÍSTICAS DO ENSINO DA FÍSICA

A experiência como professor de Física nos cursos técnicos integrados - ensino médio, tecnológico e de licenciatura – superior, há aproximadamente quase uma década, conversas e relatos com colegas professores e estudantes, podemos dizer que a Física é considerada uma disciplina ou componente curricular difícil, a qual se pudessem, muitos estudantes evitariam estudar. Talvez, ela seja a disciplina, ou componente curricular, que os estudantes menos gostam. Esta afirmação pode ser constatada na observação do excessivo número de notas baixas e no alto índice de estudantes reprovados no final de cada semestre ou ano letivo. Esse fato não é exclusivo do ensino médio ou técnico, no ensino superior a situação não é muito diferente. Mesmo os cursos diretamente ligados à Física, como é o caso dos tecnológicos e das engenharias, apresentam um grande índice de reprovação.

Mesmo o ensino da Física sendo assunto de muitas discussões e tema de vários trabalhos de inúmeros pesquisadores em diversos eventos, a situação continua praticamente a mesma – os estudantes evitariam a componente curricular Física se possível. Sabe-se das dificuldades enfrentadas pelos docentes no ensino da Física, bem como das enfrentadas pelos estudantes na sua aprendizagem. Diante dessa situação, algumas causas têm sido apontadas como responsáveis pelo fato da grande maioria dos estudantes não gostarem de estudar Física e, conseqüentemente, pelo baixo desempenho deles nesse componente curricular.

Dentre as razões que estão notadamente ligadas ao insucesso do ensino e da aprendizagem da Física, podemos apontar: alunos desinteressados; o grande número de estudantes por turma; ambiente de trabalho desfavorável, falta de recursos, equipamentos e atividades práticas; professores despreparados e sem domínio do conteúdo; as dificuldades metodológicas e didáticas; a concepção do professor sobre o processo de ensino e aprendizagem da Física e; principalmente, métodos de ensino desajustados

das teorias pedagógicas recentes, assim como a falta de métodos de ensino e aprendizagem mais modernos e eficazes que possibilitem ao estudante uma melhor compreensão do assunto abordado (FERREIRA et al., 2013; SOUZA et al., 2009; REZENDE et al., 2004; SÉRÉ et al., 2003; ALMEIDA et al., 1999). É comum nos depararmos com professores enfrentando grandes dificuldades na construção de conhecimento junto com seus estudantes. Como esses educadores podem resolver esses problemas?

Enquanto professores de física, levando em conta as experiências diárias, citamos alguns problemas, a saber: lacunas existentes, desinteresse, baixo-estima e dificuldades que os estudantes têm de entender a Física e levá-la para seu cotidiano. Acreditamos que isso seja decorrente da fragmentação da unidade teórico-prática, da falta de meios e recursos tecnológicos mais modernos, da falta de uma boa interação social entre o professor, estudante e conteúdo ministrado, da falta de motivação e de uma carga horária reduzida e instável, devido ao tradicionalismo ainda embutido, que parece persistir em permanecer, oriundo das dificuldades impostas, em parte, por alguns gestores e pelo sistema e, em outra parte, por alguns educadores inflexíveis.

[...] boa parte dos estudantes em período de escolarização apresentam dificuldades na compreensão e assimilação do conteúdo de física. Isso se dá por que a forma com que a informação é transmitida pelo professor ao aluno é muitas vezes inapropriada. A didática tradicional distancia o conteúdo da prática gerando desinteresse e desmotivação por parte dos aprendizes (HEINECK, 1999, *apud.* BIANCO e AMORIM, 2011, p. 25).

É de fundamental importância no ensino da Física que o estudante seja tratado como agente ativo na construção de seu próprio conhecimento (BONADIMAN e NONENMACHER, 2007). Entretanto, o ensino, geralmente, realizado de forma tradicional, faz o professor atuar como transmissor de informações, exercendo o papel de principal ator no processo de ensino e aprendizagem, tratando o estudante como agente passivo nesse processo. Nesse contexto, a interação entre educador e educando é muito restrita e sem muito diálogo.

O ensino de física, atualmente é visto como um objeto abstrato, longe da realidade dos estudantes (ALVES e STACHAK, 2005) gerando um grande

desinteresse pelo trabalho escolar. A Física torna-se um componente curricular de difícil compreensão por ser uma ciência experimental e de conceitos abstratos.

Os estudantes preocupam-se apenas com os resultados das avaliações e com a aprovação, os assuntos estudados são logo esquecidos e aumentam os problemas do componente curricular. Isso agrava também a situação dos professores, refletindo-se diretamente no aumento da problemática que se enfrenta no ensino da Física. Estudantes cada vez mais desinteressados. O raciocínio lógico não foi desenvolvido de maneira satisfatória. É importante, salientar, que o professor insista na ideia de que a ciência é muito mais que mera descrição dos fenômenos observados (ALVES e STACHAK, 2005). É uma tentativa de descobrir a ordem e a relação entre os diversos fenômenos. O estudante deve estar ciente de que o progresso do conhecimento científico depende da organização das informações e da procura das regularidades ocorridas. No ensino da Física, a utilização de recursos tecnológicos mais modernos e atualizados com a sociedade é de fundamental importância no processo ensino e aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores, a citar, por exemplo, TAJRA (2001) e TAVARES (2004 e 2010). Esta ênfase por um ensino não mais meramente tradicional, mas nos moldes da sociedade moderna, adiciona importantes contribuições (VALENTE, 1999) que facilita o processo educativo no ensino da Física, bem como em outras áreas da ciência.

A sociedade atual se nega a aceitar um procedimento com aulas exclusivamente expositivas e exige do professor aulas dinâmicas e criativas que despertem o interesse dos estudantes (ALVES e STACHAK, 2005) como também, desenvolva a criatividade, aguace a memória, estimule e promova a interação, além de ser bastante flexível.

Cabe ao professor, então, proporcionar meios de aprendizagem mais eficazes, procurando ajudar os alunos a vencerem as dificuldades, buscando, sempre que possível, atualizar seus instrumentos pedagógicos, pois falhas na aprendizagem de conceitos complexos e difíceis de instruir poderão ocorrer, com maior frequência, se forem apresentados somente de uma forma verbal ou textual (GONÇALVES et al., 2006, p.34, *apud*. FIOLEAIS e TRINDADE, 2003).

1.2 CONCEPÇÕES SOBRE O ENSINO DA FÍSICA

Os seres humanos, ao longo da história, sempre mostraram preocupação em compreender e explicar o mundo em que vivem (SAKITANI, 2010). Entendemos que isso se deve a tentativa de transformar e, assim, poder construir um mundo melhor para sua sobrevivência. Uma determinada sociedade se caracteriza pelo seu modo de produção, pela relação entre seus integrantes e por suas condições de vida, cujas bases estão no trabalho, onde tudo é estabelecido devido à visão de mundo que essa sociedade e seus integrantes possuem, a qual inclui conhecimento, hábitos, mitos e crenças (RODRIGUES, 2005).

Historicamente, intrínseca a essa visão de mundo, que como vimos, transforma e caracteriza determinada sociedade, temos a ciência, a qual surge na tentativa de desvendar o universo e é delineada pela necessidade do homem de entender e explicar o mundo e resolver problemas práticos do seu cotidiano (RODRIGUES, 2005). No sentido restrito, a palavra ciência, do latim *scientia*, significa conhecimento, refere-se a toda forma de conhecimento ou prática sistemática (LUNA, 2011). A ciência resulta de um processo de observação, estudo e tentativa de explicar o mundo ou algo que venha dele. A ciência é criatividade, é aprender a fazer (ALMEIDA, 2005). Assim, fazer e explicar ciência requer muita atenção, observação, estudo e atividades (ANDRADE e MASSABNI, 2011).

Dentro da ciência, por estudar o comportamento de determinados fenômenos, suas interações e as leis que o governam, a Física pode ser considerada como a base (MENEZES, 2005). Portanto, entendemos que é através da Física que podemos formar sujeitos que possam compreender o universo, sua evolução, transformações e interações.

A realização de um ensino de física de qualidade tem sua importância na formação do indivíduo, bem como o de outras áreas da ciência (AZEVEDO, 2008). O ensino da Física contribui para a formação de uma cultura científica efetiva, permitindo ao estudante a interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais que ocorrem em seu meio, redimensionando sua relação

com a natureza em transformação e seu cotidiano. No entanto, em geral, o ensino da Física realiza-se mediante a apresentação desarticulada e descontextualizada de conceitos, leis e equações, distanciados da vida do professor e do estudante e, portanto, desprovido de significado.

A ojeriza que grande contingente de alunos do Curso Médio sente por Física deve-se em parte à ausência de alternativas de aprendizagem apresentadas a esses alunos. Coloca-se a aprendizagem memorística como a única possibilidade existente. Na realidade, nem se cogita que existam alternativas. O tipo de aprendizagem de Física que acontece na maioria das situações pode ser resumida a um monte de equações que devem ser misturadas a um monte de dados e, daí, supostamente sairão as respostas aos problemas propostos (TAVARES, 2004. p.57).

A Física começa a ser ensinada aos estudantes no último ano da educação fundamental e vem ganhando maiores destaques nos ensino médio e depois superior. Entretanto, poucos desses estudantes saem do ensino médio, ou até mesmo do superior, com a clara visão do papel da Física e a sua função de tentar explicar a natureza.

Em muitas circunstâncias, a Física é ensinada através de fórmulas que descrevem determinado fenômeno. Não se questiona a origem delas que passam a ter uma existência por si. Não se informa que as fórmulas são a representação de modelos que foram criados para se entender determinado evento. Esses modelos têm uma região de validade e, além dessa região, eles perdem o sentido, deixam de ser válidos. Desse modo, passam a serem necessários outros modelos para preencherem a lacuna (TAVARES, 2004. p.57).

O conhecimento da Física apresenta-se ao estudante como um produto acabado, fruto da genialidade de grandes cientistas. Esquece-se de informar aos estudantes que a construção desse conhecimento, seus modelos e leis, assim como de tantos outros, passam, sistematicamente, por longos e árduos períodos, e que esses modelos e leis não são absolutos, ou seja, podem ser substituídos por outros quando não responder a algum fenômeno que por ventura venha a aparecer.

Os homens constroem modelos conceituais para explicar os fenômenos que os intrigam, que os desafiam. Os modelos de sucesso permanecem até que surjam novos fatos que não podem ser explicados por eles, que estão além de seus limites de validade (TAVARES, 2004. p.57).

Um dos grandes desafios no ensino da Física é que a atividade científica seja vista como uma atividade humana, com seus acertos, virtudes, falhas e limitações (TAJRA, 2001). É importante que o professor insista na ideia de que a Física é muito mais que mera descrição dos fenômenos observados. É uma tentativa de descobrir a ordem e a relação entre os diversos fenômenos. O estudante deve estar ciente de que o progresso do conhecimento científico depende da organização das informações e da procura das regularidades ocorridas. Atualmente a formação do professor exige dele um maior aprofundamento de estudos e pesquisas referentes ao papel sócio político da escola e do educador, frente às inovações tecnológicas, as exigências do mercado e a necessidade de construção de uma sólida formação teórica. O ensino em geral, em especial o ensino da Física, vem sofrendo contínuas e profundas transformações decorrentes dos avanços tecnológicos.

É diante de todas essas mudanças, oriundas das transformações sociais e do avanço das tecnologias, que percebemos as mudanças que estão ocorrendo com o comportamento dos homens e das mulheres [...] É necessária a formação de um novo homem. O perfil do novo profissional não é mais o especialista. O importante é saber lidar com diferentes situações, resolver problemas imprevistos, ser flexível e multifuncional e estar sempre aprendendo. É preciso visualizar esta situação social que estamos vivendo. A educação necessita estar atenta às suas propostas e não se marginalizar, tornando-se obsoleta e sem flexibilidade. Algumas dessas mudanças podem ser realizadas pelo professor que, tendo uma visão de futuro e possuindo mente aberta para refletir criticamente sobre sua prática no processo de ensino e aprendizagem torna-se um agente ativo no sistema educacional (TAJRA, 2001, p. 22).

Mediante o que foi exposto e por acreditar na importância do ensino da Física no processo de formação social e cultural dos indivíduos, defendemos mudanças nos métodos e meios de ensino, que essas mudanças acompanhem as transformações sociais e tecnológicas que a sociedade vem sofrendo.

1.3 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

A educação vem passando por inúmeras revisões, tanto nas formas de organização institucional como nos conteúdos curriculares, impostas pela nova política educacional, pela globalização e pela revolução tecnológica (BARONE, 1999). Em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel das novas tecnologias, a educação vai se transformando rapidamente. Atualmente, cada

vez mais as competências e habilidades são requeridas pelo mercado de trabalho, onde a criatividade, a autonomia e a capacidade de solucionar problemas têm destaque muito importante. Em função disso, propõe-se o desenvolvimento das capacidades de pesquisar, buscar, analisar, selecionar e aprender informações, de criar e formular estratégias de resolução de problemas, em vez de realizar exercícios e técnicas de memorização.

A tecnologia que está a avançar a passos largos e diferenciados permite, atualmente, enviar e receber informações quase que instantaneamente (DOWBOR, 2001). Chegamos a um ponto em que os meios de comunicação estão bastante evoluídos e extremamente velozes, praticamente instantâneos e, em contínua e acelerada evolução, originando um espaço-informação rápido e moderno (LASTRES e ALBAGLI, 1999). A fusão da educação com a tecnologia gera um produto de “informação” acelerada. Permite um novo olhar para o mundo, um olhar com múltiplas visões e múltiplos pontos de vista que podem se alterar na mesma velocidade que emitem a informação.

O avanço tecnológico abriu novos caminhos, reestabeleceu estruturas, redefiniu comportamentos, reduziu barreiras, possibilitou acesso mais rápido a informações e conhecimentos e, “aproximou” o mundo em suas diversas culturas. Meio a essas transformações a educação vem se moldando, adquirindo novas formas, tentando se equilibrar (LASTRES e ALBAGLI, 1999). Podemos perceber as infinitas possibilidades e imensas transformações que a tecnologia vem trazendo ao nosso meio, porém, não devemos deixar que ela nos controle, nós que devemos controlá-la para não deixarmos ser devorados por ela. É necessário, e importante também, saber construir elos que nos levem a novos e frutíferos caminhos, a mais informações e conhecimentos.

Não fazemos aqui um discurso apologético sobre o avanço tecnológico e suas “maravilhosas” vantagens. Compreendemos suas limitações e temos ciência de suas consequências, quanto ao tipo e, principalmente, a forma que é usada.

A Internet

A internet é um meio que tem características fortíssimas de potencializar o ensino da Física. O uso da Internet:

[...] deve ser examinado dentro do contexto educacional, até porque a integração da tecnologia não é simplesmente acelerar o processo de aprendizagem, ou ensinar novas habilidades tecnológicas. O que se deseja é a combinação das técnicas de construção de material multimídia com teorias de aprendizagens atuais consolidadas, na construção de ambientes de aprendizagem (TRETIN et al., 2002, p.2).

Nela podemos encontrar diversos tipos de ambientes de aprendizagem, desde os mais simples e modestos, sem recursos interativos, até os mais avançados e sofisticados, com recursos audiovisuais, animados e interativos bastante flexíveis, que proporcionam fidelidade e realismo aos fenômenos e as interações.

Interatividade é um conceito que quase sempre está associado às novas mídias de comunicação (DEFLEUR, 1989). Segundo JENSEN, 1998, Interatividade pode ser definida como “uma medida do potencial de habilidade de uma mídia permitir que o usuário exerça influência sobre o conteúdo ou a forma da comunicação mediada.”

A maioria dos ambientes de aprendizagem existentes na internet foram construídos com a finalidade de dar suporte à aprendizagem de assuntos vistos na sala de aula, principalmente na área das ciências exatas e da natureza, dinamizando o fluxo de informações entre educador e educando. Podemos classificar esses ambientes de aprendizagem em três categorias:

Ambientes que não Possuem Recursos Interativos

Geralmente são os mais antigos, semelhantes aos livros didáticos tradicionais. Eles trazem apenas textos informativos com figuras estáticas e, às vezes, exercícios e questões de múltipla escolha (PAULINO, 2009). Assim como nos textos e livros tradicionais os estudantes permanecem passivos, ou seja, são meros receptores.

Ambientes com Recursos Interativos Parciais

Boa parte dos ambientes de aprendizagem encontrado na internet se enquadra nessa categoria. Eles trazem uma descrição teórica dos fenômenos sem oferecer ao leitor controle sobre suas variáveis virtuais. Isto é, apresentam vídeos ou imagens animadas sem que o estudante possa alterar qualquer parâmetro, observando, assim, sempre o mesmo evento (ZAMBRANA, 1998; GUTIÉRREZ MARTÍN, 1997; CHAVES, 1991). Alguns destes ambientes de aprendizagem usam destes recursos para mostrarem fenômenos impossíveis de serem observados pelos estudantes, como por exemplo, a variação do movimento de agitação das moléculas de uma determinada massa de gás ideal ao sofrer aumento na sua temperatura.

Ambientes com recursos interativos totais

Boa parte dos ambientes virtuais de aprendizagem mais recentes se enquadra nessa categoria. Esses tipos de ambientes de aprendizagem trazem informações e questionamentos sobre determinado assunto, permitindo ao estudante interagir com as simulações através da mudança e alteração de valores das suas variáveis virtuais (VALENTINI e SOARES, 2010). Entretanto, de qualquer modo, as variações são sempre limitadas, quaisquer interações são sempre parciais.

1.4 O USO DE ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS NO ENSINO DA FÍSICA

O uso de Animações Virtuais Interativas no ensino da Física pode auxiliar no processo educativo sendo capaz de facilitar o ensino e a aprendizagem e, promover aos estudantes, uma melhor compreensão dos fenômenos estudados, seus conceitos e leis, de maneira mais prazerosa e dinâmica, que os métodos tradicionais de ensino, meramente estáticos, fazendo, assim, o ensino da Física deixar de ser de conceitos puramente abstratos (HOHENFELD e PENIDO, 2009; HECKLER et al., 2007, PIRES e VEIT, 2006; SANTOS e SILVA 2003; TEODORO, 2003; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002; VEIT e TEODORO, 2002). Ao observar e interagir com uma animação virtual,

bem fundamentada e explorada pelo professor, o estudante tem a possibilidade de compreender e assimilar raciocínios para resolução de problemas teóricos de forma mais prática, e assim, poder fazer a ligação concreta dos conceitos a seus fenômenos, passando a entendê-los mais facilmente.

[...] animações e simulações oferecem um enorme potencial para auxiliar os estudantes na compreensão de princípios das ciências naturais, sendo até chamadas “Laboratórios Virtuais”. Incorporando diversas mídias (escrita, visual e sonora), essa ferramenta pedagógica é de grande valia para melhora da percepção do aprendiz. Potencializando, assim, as possibilidades pedagógicas da interação professor-aluno (DAVIES, 2002 *apud* FIOLAIS e TRINDADE, 2003, s/p).

As animações são abstrações, ou seja, são imagens caricaturadas de uma realidade infinitamente mais complexa. Talvez as animações aproximem o abstrato do concreto. Mas, não devemos esquecer que, sempre é necessário abstrair. É necessário avançar das imagens para abstrações mais profundas.

É bom deixar claro que, absolutamente, não estamos querendo dizer que uma mera animação de um fenômeno poderá fazer com que os estudantes entendam, totalmente, um determinado assunto da Física simplesmente ao observá-lo (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002), mas sim, que uma animação bem explorada pelo professor durante a aula, pode facilitar o entendimento de determinado conteúdo, já que as animações “animam” o que é invisível através da utilização de gráficos, tabelas e equações, ajudando na compreensão desses conceitos não visuais, além de serem flexíveis e reutilizáveis e, permitir melhor interação dos professores e estudantes com o assunto abordado.

Uma animação se caracteriza por mostrar a evolução temporal de um dado evento e se presta de maneira exuberante para a exposição de fenômenos que se apresentam intrincados para aqueles alunos que não têm uma percepção visual aguçada ou uma capacidade de abstração sofisticada (TAVARES, 2004, p.58).

1.4.1 LINGUAGEM DAS ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS

As Animações Virtuais Interativas partem do visível e da interação e podem aproximar o conceito abstrato, que é falado pelo professor na sala de aula, do fato ou fenômeno concreto (HOHENFELD e PENIDO, 2009; HECKLER et al., 2007, PIRES e VEIT, 2006; SANTOS e SILVA 2003;

TEODORO, 2003; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). Exploram basicamente o ver, o ter diante de nós as situações, os cenários, as cores e as relações espaciais. Promovem e permitem um ver entrelaçando conceitos abstratos e concretos de determinados fenômenos da realidade através de ritmos visuais e sensitivos: imagens dinâmicas e processos em movimento que podem interagir, criados no computador.

Um ver situado em um presente sólido, interativo, interligado e apoiado na narração do ator desse processo, o professor, agente importante no contexto educativo.

O professor faz a mediação com as atividades do aluno, preparando o campo e o ambiente para tal, dispondo e propondo o acesso e a interação, seja com o computador, ou com outros alunos ou outras tecnologias, provocando e facilitando essas ações (TRETIN et al., 2002, p.5).

A fala do bom professor aproxima, faz a ponte entre o que se pretende ensinar e a animação, facilitando a comunicação entre ensino e aprendizagem, professor e estudante. Um bom diálogo entre professor e estudante também ajuda na construção efetiva desse processo, enquanto o professor, através da fala, põe significado às animações, os estudantes, por outras falas, completam a construção e significação do conjunto.

As Animações Virtuais Interativas e seus efeitos servem como evocação de ilustrações associadas a fenômenos, mostrando relações e informações, fixando ainda mais a significação atribuída ao que se pretende ensinar (MORAN, 2000). Hoje, utilizar Animações Virtuais Interativas durante as aulas, não é algo difícil. A internet nos permitem encontrar com facilidade e rapidez, quase sempre, o que pretendemos e como queremos, sem esquecer, de mencionar que existem programas destinados a criação desses objetos de aprendizagem (MACHADO, 2010; RODRIGUES, 2005). A Animação Virtual Interativa seduz, informa, entretém e projeta outras realidades, no imaginário (MORAN, 2000). Ela combina a comunicação auditiva com a visual, a intuição com a lógica, para posteriormente, atingir o racional.

A Animação Virtual Interativa tem sua própria forma de se comunicar (AMARILLA FILHO, 2011). A sua linguagem conseguiu encontrar formas que se adaptam perfeitamente à sensibilidade do estudante contemporâneo. Usa uma retórica visual e interativa, apresentando informação sistemáticas através de cenários e efeitos, com ritmo acelerado e contrastado.

O ensino da Física através do uso de Animações Virtuais Interativas responde à sensibilidade dos estudantes, sejam eles, jovens ou adultos. São dinâmicos (TEODORO, 2003; MEDEIROS e MEDEIROS, 2002). O estudante entende mais facilmente o que pode visualizar e interagir, ele precisa ver e sentir para compreender. A linguagem visual-interativa através de animações virtuais permite uma comunicação mais efetiva e desenvolve múltiplas atitudes perceptivas, além de solicitar constantemente a imaginação, enquanto que a linguagem dialogada e matemática desenvolve mais o rigor, a abstração.

1.4.2 UTILIZAÇÃO DAS ANIMAÇÕES VIRTUAIS INTERATIVAS

Podemos implementar o uso das Animações Virtuais Interativas de três modos distintos. São eles:

Como Sensibilização

É muito importante! Um bom professor deve saber usar a animação para introduzir um novo assunto, para despertar a curiosidade e a motivação para novos temas (MORAN, 2000; MORAN et al., 2000). Isso facilitará o desejo dos estudantes de pesquisar para aprofundar o determinado assunto do componente curricular.

Como Ilustração

A animação ajuda a mostrar o que se fala na aula, a compor cenários desconhecidos e não visíveis e imaginários pelos estudantes (TEXEIRA et al., 2000). Por exemplo, uma animação que mostre como se comportam, com o aumento da temperatura, as moléculas de um gás ideal contido em um recipiente. A animação traz para dentro da sala de aula, realidades distantes dos estudantes, como por exemplo, o movimento das moléculas do gás.

Como Simulação

É uma ilustração mais sofisticada (OSÓRIO et al., 2004). A animação pode simular experiências que seriam perigosas em laboratório ou que exigiriam muito tempo em segundos (ou que seria muito rápido em um tempo maior para serem observadas) e recursos. Por exemplo, uma animação pode mostrar o funcionamento de um motor de combustão interna de forma lenta possibilitando a visualização e a interação detalhada de cada etapa do processo e, assim sua compreensão.

É bom deixar claro e evidente que, como em momento anterior, não afirmamos que as Animações Virtuais Interativas aqui propostas, bem como outros objetos de aprendizagem, por se só, representam uma solução definitiva e absoluta para todos os problemas existentes no ensino da Física. Sabemos de suas limitações e da complexidade que envolve um processo educativo. Apenas defendemos o uso dessa ferramenta por acreditar na sua eficácia como comentado e fundamentado.

1.5 TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

O uso de ferramentas no ensino da Física para a construção de uma aprendizagem mais eficaz e adequada às metodologias de ensino atuais se faz necessário. As TIC, por exemplo, podem facilitar a aprendizagem devido à interatividade que proporcionam entre os estudantes, o professor e o assunto, dentro ou fora do ambiente da sala de aula. A utilização dessas ferramentas no ensino da Física tem a finalidade de facilitar e potencializar a construção e a aprendizagem das leis e dos fenômenos físicos.

Cada vez mais as TIC vêm sendo desenvolvidas e incorporadas pela sociedade. Estamos rodeados por ela e pelas mudanças que inserem no nosso meio. A sociedade está em constantes e profundas transformações consequência da influência dessas tecnologias na nossa forma de pensar e agir (MORAES, 1996). Atualmente, a informação e o conhecimento são transmitidos quase que de forma instantânea através das TIC, como por exemplo, satélites e computadores. Hoje o computador deixou de ser um luxo e

passou a ser uma necessidade diante do meio em que vivemos (INSTITUTO TAMIS, 1997). É através deles que as pessoas se conectam pelo mundo e com o mundo e a escola não pode estar fora desses atos e transformações.

As TIC vêm para facilitar a vida das pessoas, rompendo barreiras, reduzindo distâncias e acelerando a comunicação da informação e do conhecimento. No entanto, elas exigem mais competências e habilidades das pessoas que vão fazer uso delas. A utilização do computador no ensino da Física como ferramenta de ensino e fonte de aprendizagem concede ao professor o desenvolvimento de animações virtuais e interativas e, simulações de eventos naturais não visíveis pelos estudantes, como também, traz novas motivações e incentivos aos estudantes. Hoje é praticamente impossível pensar em educação sem fazer uma conexão com a tecnologia, principalmente com a Internet e as opções que ela oferece.

Pesquisas nessa área, baseadas na aliança entre ensino de física e tecnologia vêm crescendo a passos largos (NEVES JÚNIOR et al., 2007; VILLARDI e OLIVEIRA, 2005). Entretanto, as utilizações dessas ferramentas no ambiente escolar e nas universidades precisam ser mais bem divulgadas. Então, como conciliar as ferramentas computacionais com o ensino da Física de modo a facilitar o processo de ensino e aprendizagem?

Levando em conta o desenvolvimento tecnológico, não podemos fugir dos recursos que ele pode oferecer. Uma solução é que o professor possa fazer um bom uso desses recursos, ou seja, que possa explorar bem essa ferramenta durante as aulas. Visto que os objetos de aprendizagem, tais como, as Animações Virtuais Interativas, oferecem aos estudantes facilidades de acesso a informação e visualização dos fenômenos (eventos) estudados, interação com objeto de estudo e flexibilização - pois, permite que o fenômeno possa ser visto e revisto as vezes que o estudante desejar, além, de permitir, também, otimizar o tempo de estudo fora da sala de aula.

Faz-se necessário na educação, construir novas concepções pedagógicas elaboradas sob a influência do uso dos novos recursos tecnológicos que resultem em práticas que promovam o currículo nos seus diversos campos dentro do sistema educacional. Desta forma, os recursos tecnológicos podem contribuir no processo de ensino e

aprendizagem, promovendo uma educação mais estimuladora, ganhando destaque enquanto recurso pedagógico (CARVALHO, 2015, P. 3).

Como afirmamos anteriormente, se bem explorado, poderá facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, apresentamos algumas vantagens que esse material pode oferecer:

- Respeita o ritmo de aprendizagem dos estudantes;
- São flexíveis, ou seja, permite a observação do evento quantas vezes desejar;
- Bem utilizadas, são ferramentas construtivistas;
- Facilita e potencializa a aprendizagem;
- Pode ser usados dentro e fora da sala de aula;

Refletindo sobre os benefícios que a utilização de ferramentas computacionais pode proporcionar ao ensino da Física é que podemos compreender a relevância deste tema. O uso de objetos de aprendizagem como as Animações Virtuais Interativas, mesmo que simples, reforçam a ideia de que a aprendizagem da Física pode ocorrer em qualquer hora e lugar e não apenas no espaço físico da sala de aula. Pensando nisso, com este trabalho pretendemos divulgar e promover uma reflexão sobre o uso de ferramentas computacionais no ensino da Física, e respondendo a seguinte questão: As Animações Virtuais Interativas podem ajudar de forma efetiva o ensino e a aprendizagem da Física?

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 ALGUNS ASPECTOS DA METODOLOGIA DA PESQUISA

Atuar no campo da ciência através de diversas pesquisas é condição necessária para qualquer país, principalmente hoje, considerando o processo de avanço tecnológico em curso. Assim, segundo Menga e Ludke (1986) apud Pereira et al. (2009, p. 55) pesquisa:

[...] é atividade de promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. A pesquisa é uma atividade de que se preocupa solucionar problemas e, portanto, utiliza procedimentos rigorosos na intenção de buscar algo “novo” no processo do conhecimento (MENGA e LUDKE, 1986 *apud* PEREIRA et al. 2009, p. 55)

Neste sentido, para que se deem os encaminhamentos das pesquisas, a metodologia científica aparece como um mecanismo de fundamental importância para que professores e alunos possam investigar no campo da objetividade e subjetividade acerca dos diversos problemas, ou objetos de estudo que emanam do meio social para se chegar a conclusões científicas e tecnológicas que possam favorecer o desenvolvimento da sociedade. Concordando com tal ponto de vista acerca da pesquisa e da metodologia científica como instrumento da pesquisa, Minayo (2008), esclarece que:

[...] pesquisa é a atividade básica da ciência na sua indagação e construção da realidade. É a pesquisa que alimenta a atividade de ensino e a atualiza frente a realidade do mundo. Portanto, embora seja uma prática teórica, a pesquisa vincula pensamento e ação, ou seja, nada pode ser intelectualmente um problema se não tiver sido, em primeiro lugar, um problema da vida prática. As questões da investigação estão, portanto, relacionadas a interesses e circunstâncias socialmente condicionadas. São frutos de determinada inserção na vida real, nela encontrando suas razões e seus objetivos (MINAYO, 2002, p. 15).

Para tanto, Severino (2000, p. 18), entende metodologia como sendo um instrumental extremamente útil e seguro para a gestação de uma postura amadurecida frente aos problemas científicos, políticos e filosóficos que nossa educação universitária enfrenta. São instrumentos operacionais, sejam eles técnicos ou lógicos, mediante os quais os estudantes podem conseguir maior

aprofundamento na ciência, nas artes ou na filosofia, o que, afinal, é o objetivo intrínseco do ensino e da aprendizagem universitária.

E sendo assim, a metodologia da pesquisa científica representa um método de investigação que visa procurar as possíveis verdades na relação entre os fenômenos existentes no meio social. Segundo Demo (1987), a metodologia científica é:

[...] uma preocupação instrumental, pois trata das formas de se fazer ciência, cuida dos procedimentos, das ferramentas, dos caminhos. A finalidade da ciência é tratar a realidade teórica e prática. Para atingir tal finalidade, colocam-se vários caminhos onde a metodologia, é somente um dos caminhos para se chegar lá (DEMO, 1987, p. 19).

A metodologia também é definida por Minayo como uma:

Atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados. (MINAYO, 1993. p.23).

Na concepção de Fonseca (2002), a pesquisa possibilita uma aproximação e um entendimento da realidade a investigar como um processo permanentemente inacabado.

De acordo com VERGARA (1998: 45), quanto aos fins uma pesquisa pode ser: “exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista”.

2.2 PERCURSO METODOLÓGICO

A nossa proposta sugere uma reflexão e incentiva o uso das tecnologias no ensino da Física. Escolhemos o conteúdo da Termodinâmica, para construir um material didático que utiliza recursos multimídias com Animações Virtuais Interativas e desenvolveremos uma investigação sobre sua eficiência. A escolha do conteúdo da Termodinâmica, deu-se por este fazer parte da ementa do curso, pela dificuldade de aprendizagem apresentada pelos estudantes, notado pelo baixo rendimento, verificado pelas notas abaixo da média, e por

possuir alguns conceitos abstratos nas leis e fenômenos que envolvem a Termodinâmica.

Como percurso metodológico adotamos a abordagem qualitativa. Esse raciocínio atende plenamente aos propósitos de nosso estudo que é compreender se as Animações Virtuais Interativas realmente podem significar um instrumento didático capaz de viabilizar o processo de ensino-aprendizagem no conteúdo de termodinâmica, a partir das experiências vividas pelos alunos do 2º semestre do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFPB Campus Cajazeiras (ver Anexo I, a matriz curricular). No mais, para os desdobramentos da investigação, foram usadas as seguintes formas da pesquisa qualitativa: exploratória, descritiva e estudo de caso.

Segundo Minayo (1995), a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, ela trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Para Roesch (1999):

[...] a pesquisa qualitativa, muito utilizadas nas ciências sociais, é apropriada nos casos de avaliação formativa, quando se trata de melhorar a efetividade de um programa, ou plano, ou quando é o caso da proposição de planos, ou seja, quando se trata de selecionar as metas de um programa e construir uma intervenção, mas não é adequada para avaliar resultados de programas ou planos (ROESCH, 1999, p. 154).

Para o desenvolvimento da pesquisa consideramos algumas vantagens da pesquisa qualitativa que estão relacionadas abaixo, segundo Conti (2011, s/p):

1. Correspondem à compreensão de temas numa forma mais ampla e subjacentes a um contexto específico, permite maior potencial de revelação do fenômeno social estudado, maior conexão de significados com a realidade pesquisada e os dados pode ser utilizada para estudos de todo o processo;

2. A pesquisa qualitativa enfatiza o processo e seu significado;
3. O pesquisador qualitativo focaria no contexto e integridade do material;
4. Pesquisa qualitativa inicia com a consciência de uma lacuna entre o objeto de estudo e o modo como nós o representamos;
5. Busca respeitar as especificidades de cada caso, mas também explorar os significados particulares que são produzidos naquela ocasião;
6. Na abordagem qualitativa, o pesquisador procura aprofundar-se na compreensão dos fenômenos que estuda – ações dos indivíduos, grupos ou organizações em seu ambiente e contexto social – interpretando-os segundo a perspectiva dos participantes da situação enfocada, sem se preocupar com representatividade numérica, generalizações estatísticas e relações lineares de causa e efeito;
7. O método qualitativo é útil e necessário para identificar e explorar os significados dos fenômenos estudados e as interações que estabelecem, assim possibilitando estimular o desenvolvimento de novas compreensões sobre a variedade e a profundidade dos fenômenos sociais.

A pesquisa qualitativa em educação, conforme Triviños (1987, p.116) surgiu “na década de 1970 [...] nos países da América Latina”. Segundo ele, “o ensino sempre se caracterizou pelo destaque de sua realidade qualitativa, apesar de manifestar-se frequentemente através de medições e de quantificações (porcentagens de analfabetos, do crescimento anual da matrícula, dos professores titulados e não titulados, etc.)”.

Segundo Godoy (1995, p.60), as pesquisas qualitativas são exploratórias, ou seja, estimulam os entrevistados a pensarem livremente sobre algum tema, objeto ou conceito. Elas fazem emergir aspectos subjetivos e atingem motivações não explícitas, ou mesmo inconscientes, de maneira espontânea. São usadas quando se busca percepções e entendimentos sobre a natureza geral de uma questão, abrindo espaço para a interpretação.

A pesquisa qualitativa, de acordo com Godoy (1995, s/p), possui as seguintes características:

1. A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural com a fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;
2. A pesquisa qualitativa é descritiva;
3. O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida é a preocupação essencial do investigador;
4. Pesquisadores utilizam o enfoque indutivo na análise de seus dados;
5. Envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes da situação em estudo.

De acordo com Antônio Chizzotti (2003), a pesquisa qualitativa recobre, hoje, um campo transdisciplinar, envolvendo as ciências humanas e sociais, assumindo tradições ou multiparadigmas¹ de análise, derivadas do positivismo², da fenomenologia³, da hermenêutica⁴, do marxismo⁵, da teoria crítica e do construtivismo⁶, e adotando multimétodos⁷ de investigação para o estudo de um fenômeno situado no local em que ocorre e, enfim, procurando

¹ **Paradigma** é um conceito da ciência que define um padrão a ser seguido. Uma realização científica com métodos e valores que são concebidos como modelo para estudos e pesquisas. Sendo assim, a ideia de uma análise **multiparadigma** é fornecer um padrão no qual se possa trabalhar com vários estilos, misturando livremente diferentes paradigmas.

² O **positivismo** é uma corrente filosófica que surgiu na França no começo do século XIX. É um conceito que possui distintos significados, englobando perspectivas filosóficas e científicas onde as ideias de percepção humanas são baseadas na observação, exatidão, deixando de lado teorias e especulações da Teologia e Metafísica (descrição filosófica teórica que vai além da Física). Os positivistas acreditam que a ciência é cumulativa, transcultural (não interessa em qual cultura surgiu, serve para toda a humanidade). Novas ideias podem surgir sem ser continuação de conceitos velhos.

³ A **Fenomenologia** é o estudo de um conjunto de fenômenos e como se manifestam, seja através do tempo ou do espaço. Consiste em estudar a essência das coisas e como são percebidas no mundo.

⁴ **Hermenêutica** trata da interpretação dos textos no sentido das palavras. Ciência, técnica que tem por objeto a interpretação de textos religiosos ou filosóficos.

⁵ O **Marxismo** é um conjunto de concepções elaboradas por Karl Marx

⁶ O **Construtivismo** é uma corrente teórica que explica como a inteligência humana se desenvolve a partir do princípio de que o desenvolvimento da inteligência é determinado pelas ações mútuas entre o indivíduo e o meio.

⁷ **Método** em seu sentido literal significa seguir um caminho para chegar a um fim. Portanto, análogo a definição de multiparadigma, **multimétodos** mistura livremente diferentes métodos.

tanto encontrar o sentido desse fenômeno quanto interpretar os significados que as pessoas dão a eles. O termo qualitativo implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível e, após este tirocínio, o autor interpreta e traduz em um texto, zelosamente escrito, com perspicácia e competências científicas, os significados patentes ou ocultos do seu objeto de pesquisa.

Segundo Neves (1996), a pesquisa qualitativa assume diferentes significados no campo das ciências sociais. Compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas (entrevista não estruturada, entrevista semiestruturada, observação participante, observação estruturada, grupo focal) que visam descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Flick et al. (2000), apresentam quatro bases teóricas para pesquisa qualitativa: (a) a realidade social é vista como construção e atribuição social de significados; (b) a ênfase no caráter processual e na reflexão; (c) as condições “objetivas” de vida tornam-se relevantes por meio de significados subjetivos; (d) o caráter comunicativo da realidade social permite que o refazer do processo de construção das realidades sociais torne-se ponto de partida da pesquisa.

Neste sentido, Mayring (2002), apresenta seis delineamentos da pesquisa qualitativa: estudo de caso, análise de documentos, pesquisa-ação, pesquisa de campo, experimento qualitativo e avaliação qualitativa. Segundo Malhotra (2001, p.155) a pesquisa qualitativa é definida como uma técnica de “[...] pesquisa não-estruturada, exploratória, baseada em pequenas amostras, que proporciona *insights* e compreensão do contexto do problema” que está sendo estudado.

Já Denzin e Lincoln (2000), apontam que a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem interpretativa e naturalista de seu objeto de estudo. Isso significa que pesquisadores qualitativos estudam coisas em seu cenário natural, buscando compreender e interpretar o fenômeno valorizando significados que as pessoas atribuem a ele. De acordo com Richardson (1999,

p. 80), os estudos que empregam uma metodologia qualitativa podem descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certas variáveis, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento das particularidades dos comportamentos dos indivíduos.

Após a definição da utilização da pesquisa qualitativa iniciou-se os trabalhos de investigação pela pesquisa exploratória quando foi feito um levantamento e uma análise acerca do que já tinha sido produzido em relação ao tema. Além disso, foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de fundamentar todo corpo teórico da dissertação, tendo como materiais de pesquisa principalmente livros e artigos científicos.

Neste início observou-se que quanto aos meios Vergara (1998, p.45) destaca que, os meios de investigação podem ser: pesquisa de campo, pesquisa de laboratório, pesquisa documental, pesquisa bibliográfica, pesquisa-ação, estudo de caso etc. Portanto, quanto aos meios, a presente pesquisa é:

1. Bibliográfica, porque foi necessário uma série de leituras acerca da educação, do ensino da Física e dos objetos interativos para se construir a fundamentação teórico e metodológica da dissertação. Na visão de Freire-Maia (1998), a ciência que já foi produzida e testada, denominada como ciência-disciplina, está disponível nos livros. Os assuntos publicados em periódicos (em nosso caso específico, em jornais e revistas científicas) geralmente são informações que estão ainda se sistematizando, pesquisas que ainda estão sendo comprovadas. Na visão de Freire-Maia (1998), a ciência dos periódicos é a ciência-processo, porque ela ainda está sendo elaborada, testada e discutida.
2. Exploratória. A principal preocupação em se iniciar a pesquisa pelo viés exploratório é que o objeto de pesquisa, Animações Virtuais Interativas, é ainda pouco explorado no Brasil como recurso pedagógico para dar maior qualidade ao processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, portanto,

se faz necessário um maior aprofundamento acerca desta tecnologia educacional.

Para Andrade (2001), a pesquisa exploratória é o primeiro passo de todo trabalho científico. São finalidades de uma pesquisa exploratória, sobretudo quando bibliográfica, proporcionar maiores informações sobre determinado assunto, facilitando a delimitação de um tema, definindo objetivos ou formulando as hipóteses de pesquisa, ou seja, na maioria dos casos, a pesquisa exploratória constitui um trabalho preparatório pra outro tipo de pesquisa.

A pesquisa exploratória é realizada, segundo Vergara (2000), em áreas em que existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado. É, portanto, adequada para o objetivo de aumentar o número de conhecimentos sobre o assunto, ou, nas palavras de Gonçalves e Meirelles (2004, p.37), é “realizada para descobrir ou descrever melhor o(s) problema(s)-raiz que são apontados através de sintomas (ou queixas) para se alcançar os objetivos.” Hair Jr. et al. (2005), afirmam que a pesquisa exploratória é útil para o pesquisador que não sabe muito. Lakatos e Marconi (2001) consideram que a pesquisa exploratória deve estar voltada para a formulação de questões ou de problemas de investigação, que aumentem a familiaridade do pesquisador com o assunto, desenvolva hipóteses sobre o tema pesquisado e modifique ou esclareça conceitos. Dencker (2000) observa que as pesquisas exploratórias utilizam grande quantidade de dados extraídos de fontes secundárias, estudos de casos selecionados e de observações informais, sendo os meios mais comuns de pesquisa exploratória a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Para Samara e Barros (2007), a pesquisa exploratória tem como principais características a informalidade, a flexibilidade e a criatividade, permitindo um primeiro contato com a realidade a ser investigada.

3. Descritiva porque foi necessário descrever as características do fenômeno a ser estudado, no caso, a utilização de Animações Interativas Virtuais no ensino da Física, da amostra dos sujeitos da pesquisa e utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, como é o caso do questionário.

Estas características da pesquisa descritiva são confirmadas por Triviños (1987), quando afirma que:

A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade. São exemplos de pesquisa descritiva: estudos de caso, análise documental, pesquisa ex-post-facto (TRIVIÑOS, 1987, p. 112).

Para Cervo et al. (2007, p.65), a pesquisa descritiva “[...] observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los. Busca descobrir, com a maior precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e suas características.” Normalmente esses fatos e fenômenos, quando associados diretamente a uma população, não estão consolidados em documentos e os dados têm que ser coletados diretamente onde são encontrados, ou seja, na realidade natural da população pesquisada (CERVO et al., 2007).

Martins (1994, p. 28) alerta para o fato de que a pesquisa descritiva “tem como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno, bem como o estabelecimento de relações entre variáveis e fatos.” De acordo com Marconi e Lakatos (2003, p.188) “a pesquisa descritiva são estudos que tem por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, como, por exemplo, o estudo de um caso para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas”.

Na concepção de Vergara (2000, p.47) argumenta que a pesquisa descritiva expõe as características de determinada população ou fenômeno, estabelece correlações entre variáveis e define sua natureza. “Não têm o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação”.

Entre as formas de pesquisa qualitativa, o estudo de caso revelou-se o mais apropriado para esta pesquisa, pois permite compreender fenômenos sociais complexos, preservando-se “[...] as características holísticas e significativas dos acontecimentos da vida real [...]” (YIN, 2005, p.20). Ele contribui, ainda, com a problemática educacional, ao fornecer “[...] informações

valiosas para medidas de natureza prática e para decisões políticas.” (ANDRÉ, 2005, p.36). Os estudos de caso podem se apresentar como uma estratégia exploratória, descritiva ou explicativa (GIL, 2009; YIN, 2005).

No entender de Godoy (1995b, p.25) o estudo de caso “visa ao exame detalhado de um ambiente, de um sujeito ou de uma situação em particular”. A escolha pelo estudo de caso ocorreu por dois fatores: o fenômeno analisado é atual e só faz sentido analisá-lo dentro do contexto escolar; o fenômeno estudado possui pouco controle, tornando-se, até certo ponto, subjetivo. Considerando uma das características da pesquisa descritiva foi que delineamos como meta o desenvolvimento de um Estudo de Caso para entender se realmente os alunos aprenderam de forma mais significativa com a utilização das Animações Interativas Virtuais para o ensino do conteúdo da Termodinâmica e se este instrumento pedagógico é realmente viável do ponto de vista do favorecimento do desenvolvimento da aprendizagem. Assim, considerando as argumentações de Fonseca (2002), chega-se à conclusão de que o estudo de caso é o caminho mais acertado para a base de sustentação desta pesquisa quando ele afirma que:

[...] um estudo de caso pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa, ou uma unidade social. Visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador (FONSECA, 2002, p. 33).

Para Yin (2005, p.32), “o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real” adequado quando “as circunstâncias são complexas e podem mudar, quando as condições que dizem respeito não foram encontradas antes, quando as situações são altamente politizadas e onde existem muitos interessados”.

A vantagem do estudo de caso é a sua aplicabilidade a situações humanas, a contextos contemporâneos de vida real (DOOLEY, 2002). Dooley (2002) refere ainda que: Investigadores de várias disciplinas usam o método de investigação do estudo de caso para desenvolver teoria, para produzir nova teoria, para contestar ou desafiar teoria, para explicar uma situação, para estabelecer uma base de aplicação de soluções para situações, para explorar, ou para descrever um objeto ou fenômeno.

Para Creswell (1997, p.61) o estudo de caso é como a “exploração de um sistema limitado ou um caso (ou múltiplos casos) [...] que envolve coleta de dados em profundidade e múltiplas fontes de informação em um contexto”. Segundo o autor, a noção de sistema limitado está relacionada com a definição de tempo e espaço, e o ‘caso’ pode ser compreendido por um evento, uma atividade ou indivíduos.

O estudo de caso, nesta pesquisa, está envolto ao processo de avaliação da validade de um instrumento pedagógico que é a aplicação das Animações Virtuais Interativas no conteúdo da Termodinâmica. Assim, para a efetivação desta pesquisa optou-se pela aplicação de um questionário (Apêndice III). A principal vantagem observada com relação ao questionário foi a não intervenção do pesquisador nas respostas que serão dadas pelos sujeitos da pesquisa. A amostra selecionada dos sujeitos da pesquisa foi feita de forma não aleatória, ou seja, a escolha se deu de maneira intencional e é composta pelos alunos do 2º semestre do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFPB Campus Cajazeiras do componente curricular Física, cuja ementa está apresentada no Anexo II. O grupo é voluntário e foi escolhido após uma vivência de sala de aula quando se discutia as dificuldades de aprendizagem do conteúdo da Termodinâmica que vinha sendo trabalhado a partir de aulas expositivas. Na escolha da amostra não se levou em consideração fatores como: gênero, idade e nem fatores sociais, políticos, econômicos ou religiosos. Um dos objetivos da pesquisa diz respeito à obtenção de um resultado aproximado que seja fruto da avaliação dos alunos acerca da utilização do recurso tecnológico referente às Animações Virtuais Interativas no fazer pedagógico do componente curricular Física,

especificamente no que se refere ao conteúdo da Termodinâmica que encontra-se no capítulo três.

Participaram da pesquisa 8 alunos, mas isso não representa um problema como afirma González Rey (2005a, p.108), “A amostra é um conceito carregado de limitações epistemológicas do modelo quantitativo tradicional, o que não nega sua eficácia diante de determinados problemas de pesquisa”. Entretanto, na pesquisa qualitativa, não é o tamanho do grupo que define os procedimentos de construção do conhecimento, mas as exigências de informação quanto ao modelo em construção que a caracterizam.

Acerca da escolha do instrumento de pesquisa, Gil (1999, p.128), afirma que o questionário pode ser definido como:

[...] a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc. (GIL, 1999, p.128).

Segundo Mattar (1994), o questionário é um instrumento de investigação que visa recolher informações baseando-se, geralmente, na inquirição de um grupo representativo da população em estudo. Para tal, coloca-se uma série de questões que abrangem um tema de interesse dos investigadores, não havendo, para as respostas, interação direta entre estes e os inquiridos.

O fato do questionário ter sido elaborado com perguntas abertas faz com que os sujeitos da pesquisa respondam de forma mais livre. Confirmando esta assertiva (MATTAR, 1996), afirma que este tipo de pergunta permite uma maior coleta de dados. Antes de aplicar o questionário, aplicaram-se Avaliações Individuais (Apêndice I), corrigido de acordo com o gabarito (Apêndice II), para fazer um diagnóstico sobre a eficácia do material didático elaborado, e logo após, o questionário para colher informações por parte dos alunos. Para atender as necessidades de análise da pesquisa foram elaboradas 10 questões, sendo 6 conceituais fechadas e 4 abertas relacionadas a aspectos quantitativo, divididas nas Avaliações Individuais I e II. Neste sentido, atendeu-se o que colocam Mattar (1996), Marconi e Lakatos (1996), os testes, no nosso

caso a Avaliação Individual, devem ser realizados com o questionário numa versão quase definitiva, com capa e formatação já em seu estado final. Após a aplicação do questionário final foi feita uma análise dos dados.

O uso de várias técnicas é importante no estudo do caso. Dessa forma é possível realizar a triangulação dos dados, pois, segundo Yin (2010, p.144) “com a triangulação dos dados, os problemas potenciais de validade do constructo também podem ser abordados, porque as múltiplas fontes de evidência proporcionam, essencialmente, várias avaliações do mesmo fenômeno”.

Com a finalidade de realizar a triangulação das fontes de dados, optamos por utilizar a observação participante, questionários e análise documental. Procurando evidências que deem suporte à investigação, com o objetivo de compreender e realizar o estudo de caso, proposto na nossa pesquisa. Quanto à análise documental utilizaremos o Projeto Pedagógico do curso e alguns outros dados que a coordenação possa nos fornecer.

Vale salientar, por esta se tratar de uma pesquisa envolvendo alunos do IFPB Campus Cajazeiras, solicitamos em processo junto ao protocolo do campus, no dia 09 de dezembro de 2014, anexando uma cópia dos procedimentos metodológicos desta pesquisa, direcionado a Diretoria de Desenvolvimento de Ensino (DDE), autorização para realização desta pesquisa. A qual foi deferida, em 17 de dezembro de 2014. Entendendo, a DDE, que ela não promove comprometimento a imagem dos alunos nem da instituição IFPB, assim, não infringindo o código de ética.

2.3 MATERIAL DIDÁTICO E AS ANIMAÇÕES VIRTUAIS

Enquanto pesquisávamos sobre a utilização de Animações Virtuais Interativas no ensino da Termodinâmica, encontramos muitas pesquisas que relatam sobre o uso de ferramentas computacionais no ensino da Física. Fica evidente que o uso de tais ferramentas se deve à influência do avanço da própria sociedade, uma sociedade tecnologia e passível de transformações. Entretanto, textos referentes as Animações Virtuais Interativas que tratassem

do tema Termodinâmica foram poucos. Por isso, com bastante cuidado, queremos deixar claro em nosso discurso que não estamos fazendo algo inédito, mas sim, que a elaboração de um material didático, para o ensino da Termodinâmica nos cursos de graduação no IFPB Campus Cajazeiras, com a introdução de Animações Virtuais Interativas seja algo novo.

Durante a pesquisa foram encontrados muitos trabalhos, artigos e textos, a maioria estrangeiros, abordando a introdução de objetos de aprendizagem, tais como laboratórios virtuais no ensino. Raros foram os momentos em que nos deparamos com fragmentos direcionados à Termodinâmica.

Diante o exposto, para a elaboração desse trabalho e construção do material didático para o ensino da Termodinâmica, encontramos algumas dificuldades. A maior delas residiu na criação e elaboração das Animações Virtuais Interativas, mesmo que simples, devido ao pouco conhecimento na área da informática. As animações apresentadas aqui não são uma solução definitiva para todos os problemas enfrentados no ensino e na aprendizagem da Termodinâmica nos cursos de graduação do IFPB Campus Cajazeiras, mas acreditamos que, bem exploradas, elas possam trazer relevantes vantagens ao ensino e a aprendizagem.

Para esta dissertação construímos um material didático composto por animações virtuais simples desenvolvidas em Power Point⁸. Essas animações contemplam alguns conceitos, leis e fenômenos termodinâmicos, os quais são: temperatura, equilíbrio térmico, energia térmica, calor, lei zero da termodinâmica, trabalho de um gás ideal, diagrama pV , variação da energia interna, primeira lei da termodinâmica, transformação adiabática, transformação cíclica, expansão livre, transformações reversível e irreversível, máquina térmica, motor de combustão interna, refrigerador e o ciclo de Carnot.

⁸ Com ajuda do estudante Ítalo Douglas Vasconcelos de Alencar, do curso superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS) do IFPB, campus Cajazeiras, Paraíba.

O material foi desenvolvido com recursos que permitem interação do estudante com as animações, podendo ser utilizado tanto dentro quanto fora da sala de aula. O material será uma fonte de informação, divulgação e ensino.

O material didático elaborado tem nível compatível com o de bons livros utilizados no ensino superior. O conteúdo é abordado de forma linear, acreditando que determinado assunto constitui pré-requisito indispensável para o próximo. O material didático desenvolvido foi projetado para ser aplicado em um módulo de um semestre letivo da turma do segundo período do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do IFPB Campus Cajazeiras, e consta de um texto simples, leve e objetivo, que contém figuras virtuais animadas e interativas, que exploram os conceitos e fenômenos mais relevantes da Termodinâmica no nível superior, que deverá ser abordado em um total de aproximadamente 14 horas-aulas, distribuídas em 6 encontros consecutivos de acordo com o horário do componente curricular. O primeiro e o segundo encontros, composto por 3 (três) e 2 (duas) horas aulas respectivamente, foi usado para explicar o conteúdo da Termodinâmica proposto por meio de aulas exclusivamente expositivas, ou seja, sem a utilização do material produzido com as animações virtuais. Logo em seguida, no próximo encontro (terceiro), em 2 (duas) horas aulas, foi aplicado a Avaliação Individual I, a qual participou 8 (oito) estudantes. O quarto e o quinto encontros, ocorreram também em 3 (três) e 2 (duas) horas aulas respectivamente. Neles foram realizadas aulas do conteúdo da Termodinâmica por meio do uso do material didático produzido com animações virtuais. Em seguida, no sexto encontro, em 2 (duas) horas aulas, foi realizado a avaliação individual II. Os mesmo oito estudantes também responderam a Avaliação Individual II. Após a correção das Avaliações e divulgação das notas, foi enviado por e-mail, devido a paralização geral das atividades, o questionário aberto composto de quatro perguntas. Nesse momento, apenas quatro dos estudantes sujeitos de pesquisa se dispuseram a participar. Por fim, um dos estudantes se dispôs a responder a seguinte pergunta em forma de entrevista. *Como você vê o uso de recursos tecnológicos para auxiliar no ensino de componentes curriculares considerados “difíceis”, como por exemplo, a Física?*

O material pode ser utilizado basicamente de duas maneiras: pelos professores como auxiliar no desenvolvimento das suas aulas expositivas e dialogadas em sala de aula e individualmente pelos estudantes como fonte de consulta e estudo em casa. Os conceitos e fenômenos considerados fundamentais foram contemplados com Animações Virtuais Interativas, além de exemplos de demonstrações de fácil entendimento para os professores e estudantes.

As Animações Virtuais Interativas, apresentadas ao longo do material didático que encontra-se no próximo capítulo, foram elaboradas utilizando os recursos que o programa Power Point oferece. A escolha pelo Power Point para construir as animações se deu por esse programa oferecer grade vantagem por dispor de muitos recursos, por ser muito utilizado atualmente por boa parte dos docentes, que desconhecem ou não usam as inúmeras ferramentas que ele possui, por ser fácil de manusear e, por exigir pouca memória para seu armazenamento, o que não o torna lento quando for ser visualizado. Procuramos desenvolver as animações de forma que fossem atrativas, de boa qualidade de imagem e simples quanto aos comandos a serem dados pelo usuário. O texto, gerado em arquivo executável que constitui um aplicativo, consta de um total de 27 (vinte e sete) animações, sendo, 17 (dezessete) representando eventos termodinâmicos, e 10 (dez) gráficos.

A Tabela 1 apresenta um quadro das animações construídas e que se encontram no material didático sobre Termodinâmica.

Todas as animações apresentam uma interface com recursos simples, sendo acionada com apenas um clique pelo o usuário. Elas foram elaboradas baseando-se no conteúdo do texto e apresentam de forma dinâmica os conceitos e fenômenos abordados. As animações apresentadas aqui são valiosas no sentido em que elas tornam visíveis os processos que não são fáceis de serem vistos e descritos mediante quadro, pincel e palavras.

Consideramos como importante razão para a inserção de novas tecnologias na vida escolar, o fato de que elas fazem parte do cotidiano do aluno e o fato de que é preciso que haja uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias. Caso isto não

ocorra, o mundo escolar tornar-se-á completamente distante do mundo vivencial do aluno. Por isto, se a escola dispõe de condições físicas, deve aproveitar os meios disponíveis para modernizar suas aulas, principalmente quando não possui os recursos para um laboratório de Ciências. (GONÇALVES et al., 2006, p. 33).

Tabela 1: Animações virtuais elaboradas e presentes no material didático sobre o conteúdo da Termodinâmica.

FIGURAS	DESCRIÇÃO
1	Animação da temperatura, agitação térmica e energia cinética.
2	Imagem estática que representa dois sistemas A e B isolados um do outro por paredes adiabáticas.
3	Animação do processo de equilíbrio térmico.
4	Animação da energia cinética.
5	Animação do processo de troca de calor.
6	Animação da Lei Zero da Termodinâmica.
7	Animação do trabalho realizado por um gás ao ser aquecido.
8	Animação do trabalho realizado sobre o gás ao aumentar a pressão sobre ele.
9	Animação do digrama pV .
10	Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow B$ realizada por três caminhos (I), (II) e (III) diferentes.
11	Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow C$ realizada por dois caminhos 1 e 2 diferentes.
12	Animação da transformação gasosa do estado 1 para o 2.
13	Animação do diagrama VT .
14	Animação do diagrama pT .
15	Animação das isotermas no diagrama pV .
16	Animação da transformação adiabática de um gás ideal do estado 1 para o 2.
17	Animação do diagrama pV de um processo adiabático.
18	Animação da transformação cíclica ABA no diagrama pV .
19	Animação da expansão livre de um gás ideal.
20	Animação da passagem espontânea de calor de um corpo B para outro A.
21	Animação de uma transformação irreversível: Uma gota de tinta caindo e se espalhando em um recipiente contendo água.
22	Animação do funcionamento de uma máquina térmica a vapor.
23	Animação do funcionamento de uma máquina térmica de combustão interna.
24	Animação esquemática do funcionamento de uma máquina térmica.
25	Animação do processo cíclico de uma máquina térmica.
26	Animação esquemática do funcionamento de um refrigerador.
27	Animação do ciclo de Carnot.

3. MATERIAL DIDÁTICO ELABORADO SOBRE TERMODINÂMICA COM ANIMAÇÕES VIRTUAIS

APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi realizado a partir da ideia de produzir um material didático, elaborado a partir da utilização de uma metodologia que simplifique, facilite e desperte o interesse e a curiosidade do estudante, estimulando-o a pensar, problematizar e se expressar. Ele tem como finalidade fornecer uma leitura mais leve e objetiva dos conceitos, deduções matemáticas completas das equações e Animações Virtuais Interativas, no intuito de tornar o estudo mais dinâmico e facilitar a compreensão dos estudantes promovendo, assim, uma aprendizagem mais significativa.

Este material não resolve por si só todos os problemas que, tradicionalmente, envolvem o ensino da Física, isto é, não é uma solução definitiva para as dificuldades existentes no processo ensino e aprendizagem da Física. Entretanto, como todo material didático, este também é uma ferramenta importante. Utilizada de forma adequada e, sendo bem explorada pelo professor durante a aula, não se esquecendo de levar em consideração todos os aspectos relevantes a realidade dos estudantes, pode promover uma melhor qualidade do ensino e da aprendizagem da Física.

INTRODUÇÃO

O estudo da Física, quase sempre envolve um conceito primitivo e muito importante chamado energia. A energia se manifesta sob várias formas, recebendo em cada caso um nome característico, por exemplo: energia cinética – quando relacionada a movimento, energia térmica – quando relacionada a aquecimento ou resfriamento de um corpo, energia elétrica – quando relacionada à eletricidade, energia luminosa – quando relacionada a luz, dentre outras. A palavra termodinâmica vem do grego *therme* - que significa calor e *dynamis* - que significa potência. De simples modo, podemos interpretar que calor é energia térmica em trânsito e que dinâmica se relaciona com movimento. Assim, entendemos que a Termodinâmica estuda o movimento da energia e como ela cria movimento. Portanto, a Termodinâmica estuda as relações entre o calor trocado e o trabalho realizado durante um processo físico que envolve um sistema e o meio externo a ele, e, podemos defini-la como o ramo da Física que estuda as transformações e relações existentes entre dois tipos de energia: a energia mecânica e a energia térmica. Historicamente, a Termodinâmica se desenvolveu pela necessidade de aperfeiçoar as primeiras máquinas a vapor, aumentando, assim, sua eficiência.

Acreditando numa sequência didática linear sobre os temas da Termodinâmica, onde um determinado assunto é requisito básico e fundamental para o próximo, não obedecemos à ordem didática tradicional dos livros texto de graduação mais conhecidos e utilizados durante os cursos. Nesse sentido, o nosso estudo sobre a Termodinâmica está distribuído da seguinte forma: Primeiramente apresentamos o que chamamos de conceitos fundamentais, descrevendo e conceituando temperatura, equilíbrio térmico, calor e a lei zero da Termodinâmica, lei esta que conduziu ao conceito de temperatura e permitiu a construção do instrumento que a mede, o termômetro. Em seguida, falamos sobre o trabalho realizado por um gás ideal em alguns casos específicos e descrevemos o diagrama pV . Logo após, definimos energia interna de um gás ideal e sua variação e, a primeira lei da Termodinâmica, lei que reafirma a ideia da conservação da energia, e suas transformações. E, por fim, mostramos a segunda lei da Termodinâmica, as máquinas térmicas e frigoríficas e o ciclo de Carnot, definindo seus conceitos e descrevendo seu funcionamento e utilidade.

1. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Nesta secção definimos os conceitos fundamentais de temperatura, equilíbrio térmico, energia térmica e calor. A noção de temperatura será discutida do ponto de vista macroscópico e microscópico.

1.1 DESCRIÇÕES MACROSCÓPICAS E MICROSCÓPICAS

Os fenômenos térmicos, assim como outros fenômenos físicos, podem ser descritos sob dois aspectos: o macroscópico e o microscópico, que por consequência se completam. Nesse sentido, apresentamos os conceitos fundamentais sob as duas abordagens.

A descrição macroscópica de um fenômeno térmico está relacionada com os aspectos perceptíveis pelos nossos sentidos, como por exemplo, o volume que ocupa e sua temperatura. Já a descrição microscópica, está relacionada a grandezas que não percebemos pelos nossos sentidos e que são medidas indiretamente, como por exemplo, a energia das moléculas, suas velocidades e interações. É importante lembrar que as duas descrições se completam, proporcionando ao fenômeno, uma compressão mais profunda. Por exemplo, a sensação de temperatura obtida a partir do tato, conhecida por sensação térmica (ponto de vista macroscópico) se aprofunda ao considerar o movimento das partículas para entendermos a temperatura a partir dele (ponto de vista microscópico).

1.2 TEMPERATURA (T)

Definição

Temperatura T é a grandeza física que caracteriza o estado térmico de um sistema, e ela está relacionada com o estado de movimento ou agitação das partículas que compõe o sistema. A unidade de medida de temperatura no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Kelvin, abreviado por K .

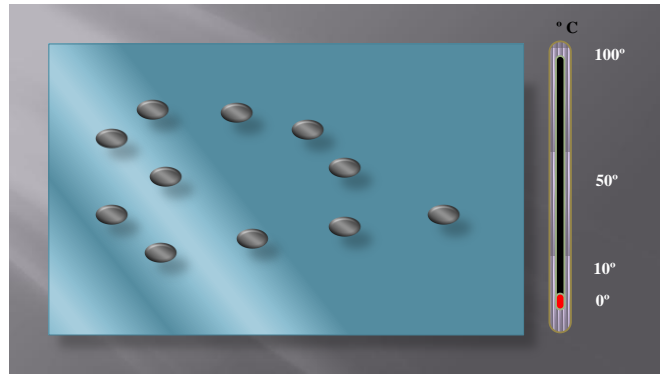


Figura 1: Animação da temperatura, agitação térmica e energia cinética.

A agitação das partículas de uma substância é diretamente proporcional à temperatura, ou seja, aumentando a temperatura do sistema as partículas se movimentam com maior velocidade e, diminuindo a temperatura, as partículas diminuem a velocidade de sua agitação.

Analisando a Figura 1, podemos observar que a temperatura T está relacionada com a energia cinética K , energia devido ao movimento das partículas que constituem o sistema, de maneira diretamente proporcional.

$$T \propto K$$

Isto é, quanto maior a energia cinética das partículas que compõe o sistema, maior será sua temperatura e, quanto menor a energia cinética menor a temperatura.

1.3 EQUILÍBRIO TÉRMICO

Definição

A situação de equilíbrio térmico é caracterizada pela igualdade das temperaturas dos corpos. Portanto, dois ou mais corpos em equilíbrio térmico possuem obrigatoriamente a mesma temperatura.

Tomemos dois sistemas **A** e **B** de temperaturas T_A e T_B , respectivamente, isolados um do outro e do meio externo por paredes adiabáticas⁹. Neste caso, mudanças nas propriedades de um sistema não têm efeito no outro.

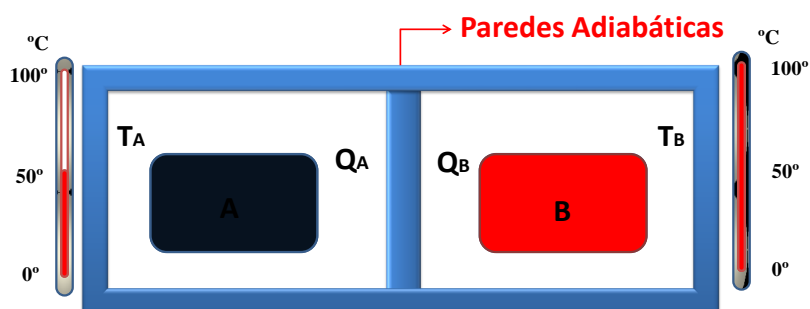


Figura 2: Imagem estática que representa dois sistemas A e B isolados um do outro e do meio por paredes adiabáticas.

Desta forma eles não trocam calor e sua temperatura permanece a mesma. Substituindo a parede isolante que separa **A** e **B** por outra, diatérmica¹⁰, que permite o fluxo de energia na forma de calor (energia que fluirá entre os dois sistemas em virtude da diferença de temperatura entre eles), ocorre, devido à troca de calor, mudanças nas propriedades macroscópicas dos dois sistemas. Essas mudanças são relativamente rápidas no início, e se tornam mais lentas à medida que o tempo passa, até que suas propriedades macroscópicas aproximam-se de valores constantes e iguais entre os dois sistemas. Quando isso ocorre, dizemos que os dois sistemas estão em equilíbrio térmico.

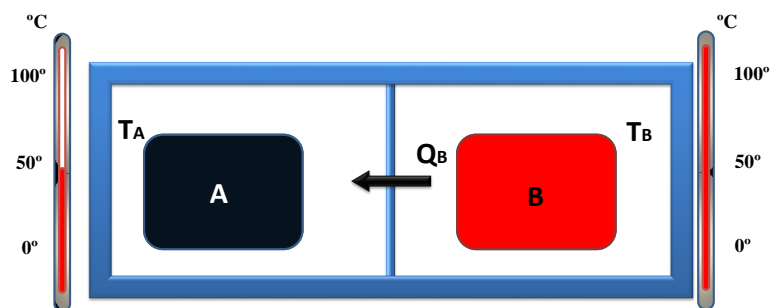


Figura 3: Animação do processo de Equilíbrio térmico.

⁹ **Adiabática** – Palavra de origem grega que significa “não pode ser atravessado”. Adiabático equivale a **isolante térmico**.

¹⁰ **Diatérmica** – Vem do grego e significa “que o calor atravessa”. Permite o fluxo de calor entre os sistemas. Diatérmico tem o significado de **condutor térmico**.

Essas propriedades macroscópicas caracterizam o estado térmico de um sistema. Então, podemos concluir, que dois ou mais sistemas físicos estão em equilíbrio térmico entre si, quando suas temperaturas são iguais.

1.4 ENERGIA TÉRMICA

As moléculas constituintes da matéria, independentemente do seu estado de agregação, estão sempre em movimento chamado agitação térmica. A energia cinética associada a esse movimento é chamada de energia térmica. A energia térmica de um corpo pode variar. Por exemplo, se um recipiente, contendo certa quantidade de água for colocado junto ao fogo, o movimento de suas moléculas se torna mais intenso, ou seja, sua energia térmica aumenta. Por outro lado, se adicionarmos gelo à água, o movimento de suas moléculas ficará menos intenso, ou seja, sua energia térmica diminuirá.

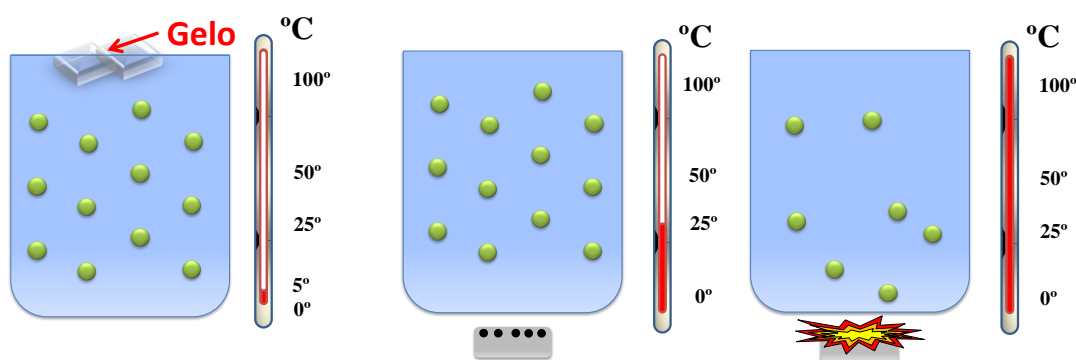


Figura 4: Animação da energia térmica.

Na Figura 4, no recipiente da esquerda é colocado gelo, enquanto que o da direita foi colocado ao fogo e o do meio permanece a temperatura ambiente.

Definição

A energia térmica de um corpo é o somatório das energias de agitação ou movimento das suas partículas e dependem da temperatura do corpo e do número de partículas nele existente.

O fato de um corpo **A** estar a uma temperatura maior que a de outro **B** não implica, necessariamente, que **A** tenha maior quantidade de energia térmica que **B**. O corpo **B**, por exemplo, pode ter mais partículas que **A**, de tal

forma que o somatório das energias de vibração de suas partículas seja igual ou supere a de **A**.

1.5 CALOR (Q)

Definição

Calor Q é a energia térmica em movimento de um corpo para outro ou de uma parte para outra de um mesmo corpo em virtude de uma diferença de temperatura entre eles.

Pela própria definição de Calor, é perceptível que não se deve falar em calor “contido” num corpo. Quando for necessário dar a ideia de energia contida num corpo, relacionada ao movimento de suas moléculas, devemos usar a expressão energia térmica.

Quando colocamos em contato dois corpos **A** e **B** de temperaturas diferentes, notamos que, espontaneamente, eles buscam a situação de equilíbrio térmico. Isso ocorre devido às trocas de calor provocado pela diferença de temperatura entre eles. O corpo de maior temperatura fornece, espontaneamente, certa quantidade de calor ao de menor, provocando, assim, uma diminuição na sua temperatura e aumento na do outro, até que se estabeleça o equilíbrio térmico. A quantidade de calor cedida pelo corpo de maior temperatura é igual, em valor absoluto, a quantidade de calor recebida pelo corpo de menor temperatura, porém de sinais contrários.

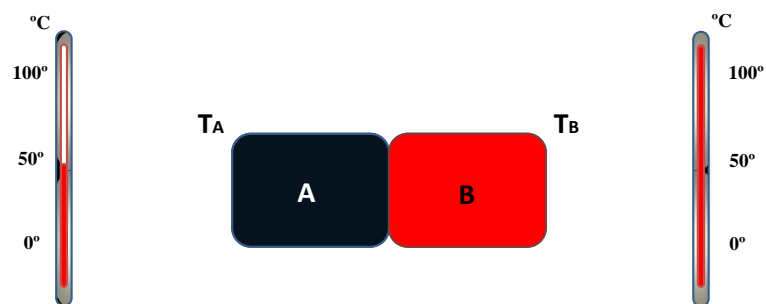


Figura 5: Animação do processo de troca de calor.

Analisando a Figura 5, podemos observar que a temperatura de **B** é maior que a de **A**. Logo, **B** cede uma quantidade $-Q$ de calor para **A** que recebe uma quantidade Q de calor.

Sendo o calor uma forma de energia, sua unidade no SI é o Joule, abreviada por **J**. Entretanto, a caloria, abreviada por **cal**, unidade estabelecida antes de se entender o calor como forma de energia, continua sendo utilizada para medir as quantidades de calor. Outra unidade, não tão usual, de medida de quantidade de calor é a unidade térmica britânica, abreviada por **Btu**, usada para descrever ar condicionado. Suas relações com o Joule são:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J} \quad \text{e} \quad 1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J}$$

Observação:

A “caloria” em uso comum como medida de nutrição, chamada de grande caloria, simbolizada por **Cal**, representa na realidade uma quilocaloria (**1Kcal**).

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ Kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

A Btu é comumente encontrada como uma medida de capacidade de condicionador de ar.

Conceito Errôneo Sobre Calor

O calor é semelhante ao trabalho no sentido de que ambos representam uma forma de transferência de energia. Nem o calor nem o trabalho são propriedades intrínsecas de um sistema, isto é, não podemos dizer que um sistema “contenha” certa quantidade de calor ou de trabalho. Em lugar disso, dizemos que ele pode transferir certa quantidade de energia como calor ou trabalho sob certas condições específicas. Parte da confusão sobre o significado preciso do calor resulta do uso popular do termo. Frequentemente usa-se calor quando o que se quer realmente dizer é temperatura ou, talvez, energia interna. Quando ouvimos sobre calor em relação à meteorologia, ou quando instruções culinárias indicam “aqueça a 300 graus”, é a temperatura

que se está discutindo. Por outro lado, também ouvimos referências ao “calor gerado” pelas lonas de freio de um automóvel ou pela rápida fricção das palmas de suas mãos, elas realizam trabalhos uma sobre a outra, aumentando, assim, sua energia interna e sua temperatura. Esta energia em excesso pode, então, transferir-se para a vizinhança como calor, porque as mãos estão a uma temperatura mais alta que a da vizinhança.

(HALLIDAY, RESNICK, WALKER, Fundamentos de Física 2, p. 217, 1996)

1.6 LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Utilizando um sistema **C** podemos verificar se dois sistemas, **A** e **B**, separados, estão em equilíbrio térmico. Para isso, basta colocar **C** em contato com **A** e, em seguida com **B**, sem necessidade de contato direto entre **A** e **B**.

Desse pensamento nasceu o postulado chamado Lei Zero da Termodinâmica.

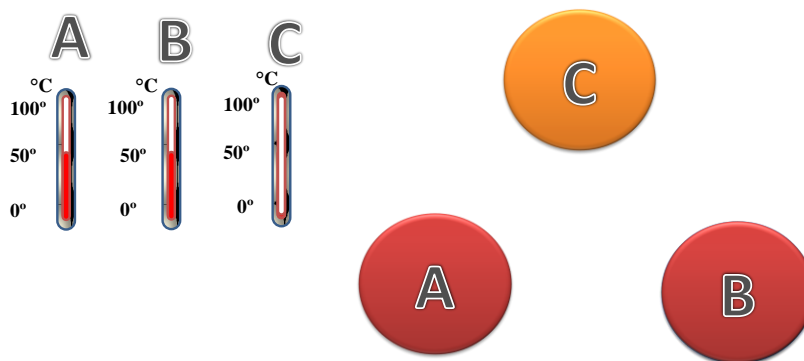


Figura 6: Animação da lei Zero da Termodinâmica.

Definição

Se dois sistemas **A** e **B** estão em equilíbrio térmico com um terceiro sistema **C**, então eles estão em equilíbrio térmico entre si.

Observe que, ao fazer uso da lei zero da termodinâmica, podemos identificamos o corpo **C** como um termômetro¹¹. Portanto, ela define o conceito de temperatura como a propriedade macroscópica de um sistema que será igual à de outro quando estiver em equilíbrio térmico. A lei zero possibilitou a construção e utilização de termômetros.

A Lei Zero da Termodinâmica só foi proposta na década de 1930, muito depois da primeira e da segunda leis. Entretanto, como ela define o conceito de temperatura, que é fundamental para a primeira e a segunda leis e, como a lei que estabelece a temperatura deveria ser anterior, ela é chamada lei zero.

2. TRABALHO DO GÁS IDEAL

Considere a expansão de um gás ideal confinado em um cilindro provido de um êmbolo¹² de área A , devido ao aumento da temperatura. Na expansão, a intensidade da força \vec{F} exercida pelo gás, que eleva o êmbolo, devido a sua pressão p é dada por:

$$F = p \cdot A \quad \text{(Equação 1)}$$

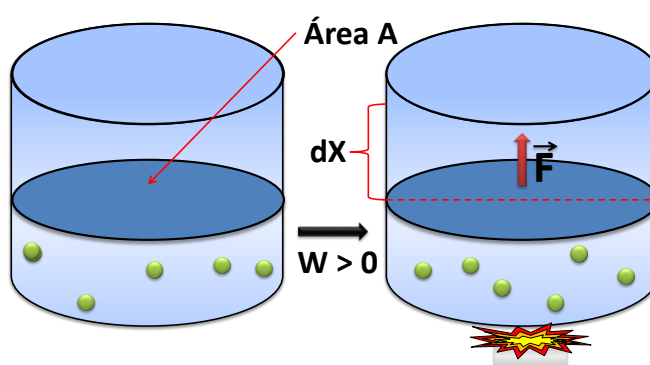


Figura 7: Animação do trabalho realizado por um gás ao ser aquecido.

Na Figura 7, o gás se expande, aumentando seu volume, e faz o êmbolo subir. Neste caso o gás realiza um trabalho sobre o meio, $W > 0$.

Como foi visto em mecânica o trabalho W é obtido por:

¹¹ **Termômetro** – Instrumento usado para medir temperatura.

¹² **Êmbolo** – Dispositivo que desliza num e noutro sentido no interior de um cilindro.

$$W = \int F dx \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo $F = p \cdot A$, temos:

$$W = \int p \cdot A dx \quad (\text{Equação 3})$$

Onde dx representa o diferencial do deslocamento do êmbolo.

Na expansão, a força resultante \vec{F} exercida pelo gás tem o mesmo sentido do deslocamento $d\vec{x}$ sofrido pelo êmbolo, e, por convenção, o trabalho realizado por essa força é positivo ($W > 0$). Dizemos então, que o trabalho é realizado pelo gás sobre o meio, aumentando seu volume.

Tomando o mesmo sistema, e considerando a compressão, devido ao aumento da pressão p , observamos que o trabalho é realizado pelo meio sobre o gás, diminuindo seu volume, trabalho negativo ($W < 0$). Analogamente a expansão:

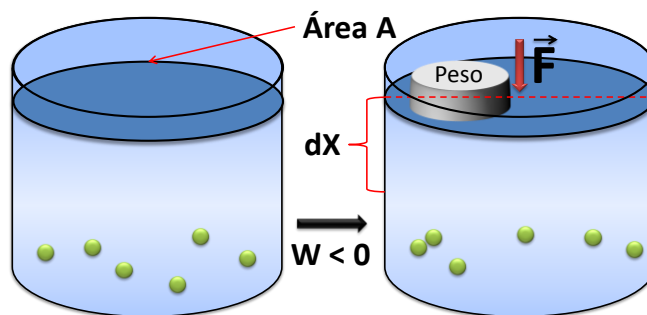


Figura 8: Animação do trabalho realizado sobre o gás ao aumentar a pressão sobre ele.

Na Figura 8, o gás se contrai, diminuindo seu volume, e faz o êmbolo descer. Neste caso o trabalho é realizado sobre o gás pelo meio $W < 0$. O trabalho é obtido por:

$$W = - \int p \cdot A dx \quad (\text{Equação 4})$$

Na compressão, a força resultante \vec{F} exercida pelo gás tem sentido contrário ao deslocamento $d\vec{x}$ sofrido pelo êmbolo, e, por convenção, o trabalho realizado por essa força é negativo ($W < 0$). Dizemos então, que o trabalho é realizado pelo meio sobre o gás, diminuindo seu volume.

Observação:

Supomos que os processos descritos foram executados lentamente, de modo que possamos considerar o gás em equilíbrio em todos os estágios intermediários. De outro modo, a pressão não ficaria definida de forma clara durante o processo, o que dificultaria o cálculo.

Quando o êmbolo se move de uma distância dx , o volume do gás varia de uma quantidade $dV = Adx$. Sendo assim, substituindo $Adx = dV$ na Equação 4, $W = \int p \cdot Adx$, podemos reescrevê-la como:

$$\therefore W = \int p dV \quad (\text{Equação 5})$$

Onde,
$$\begin{cases} \text{Se } V > V_0 \rightarrow W > 0 \\ \text{Se } V < V_0 \rightarrow W < 0 \\ \text{Se } V = V_0 \rightarrow W = 0 \end{cases}$$

Sendo o trabalho W uma forma de energia, sua unidade no SI é o Joule de símbolo J .

Gás Ideal

O gás que apresenta as características da teoria cinética dos gases é considerado gás ideal. O gás ideal não existe na natureza, é fictício. Entretanto, um gás real se aproxima do gás ideal quando submetido à **elevada temperatura** e **baixa pressão**. Nessas condições, o gás real será denominado de **gás ideal**.

Teoria Cinética dos Gases ideais

A **Teoria Cinética dos Gases** é a teoria resultante da descrição macroscópica do comportamento de um gás ideal em termos das variáveis de estado p (pressão), V (volume) e T (temperatura). Ela pode ser feita através de simples

médias de grandezas macroscópicas, como a massa m e a velocidade v das moléculas do gás. Em resumo apresentamos suas hipóteses:

- ♣ O gás é constituído por um número muito grande de pequenas partículas (moléculas) idênticas;
 - ♣ As moléculas do gás apresentam movimento de translação contínuo e desordenado em todas as direções e sentidos, denominado movimento browniano, com velocidades diferentes obedecendo à mecânica newtoniana;
 - ♣ A força de atração entre as moléculas do gás é muito pequena e a distância entre elas é muito grande;
 - ♣ O volume das moléculas é muito pequeno em relação ao volume ocupado pelo gás, ou seja, as moléculas são extremamente pequenas;
 - ♣ Não atuam forças apreciáveis nas moléculas do gás exceto durante as colisões;
 - ♣ As colisões das moléculas do gás são elásticas e de duração desprezível.
-

2.1 TRABALHO EM ALGUNS CASOS ESPECÍFICOS

2.1.1 Trabalho a pressão constante

No processo em que a pressão permaneça constante, $p = \text{constante}$, o trabalho é simplesmente calculado pela Equação 5, definida entre os volumes inicial V_0 e final V . Daí:

$$W = \int_{V_0}^V p dV = p \int_{V_0}^V dV = p(V - V_0)$$

$$\therefore W = p\Delta V \quad (\text{Equação 6})$$

2.1.2 Trabalho a volume constante

Em qualquer processo que o volume permaneça constante o trabalho do gás é nulo. Segue demonstração.

Se $V = \text{constante} \Rightarrow V_f = V_0 \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow dV = 0$, da Equação 5, definida entre os volumes inicial V_0 e final V temos:

$$W = \int_{V_0}^V p dV, \quad \text{sendo } V = V_0 = V = \text{const.}, \quad W = \int_{V_0}^V p \cdot 0 \quad \therefore W = 0$$

Quando o volume for constante e a pressão também, da Equação 6 obteremos:

$$W = p\Delta V = p \cdot 0 \quad \therefore W = 0$$

2.1.3 Trabalho a temperatura constante

Para determinarmos o trabalho de um gás ideal num processo isotérmico, precisamos encontrar a função que descreve a pressão p , para depois a substituímos na Equação 5, $W = \int_{V_0}^V p dV$, definida entre os volumes inicial V_0 e final V , e resolvê-la. Para isso, usaremos a equação de estado de um gás ideal, Equação 7, apresentada no estudo físico dos gases ideais, conhecida, também como, equação de Clapeyron.

$$pV = nRT, \quad (\text{Equação 7})$$

Isolando p , obtém-se:

$$p = \frac{nRT}{V} \quad (\text{Equação 8})$$

Substituindo a Equação 8 na Equação 5, definida entre os volumes inicial V_0 e final V , teremos:

$$W = \int_{V_0}^V p dV = \int_{V_0}^V \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_{V_0}^V \frac{dV}{V}$$

$$\therefore W = nRT \ln \frac{V}{V_0} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde n é o número de mols e R a constante universal dos gases ideais, como já foi visto no estudo físico dos gases ideais.

2.1.4 Trabalho em isolamento térmico (processo adiabático)¹³

Todo processo realizado em isolamento térmico é denominado processo adiabático. Nessa condição, a expansão e compressão de um gás ideal obedecem à relação entre p e V a seguir, conhecida como equação de Poisson.

$$pV^\gamma = \text{const.} \quad (\text{Equação 10})$$

Onde γ , o expoente de Poisson, é a razão entre os calores específicos a pressão constante c_p e a volume constante c_v .

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \quad (\text{Equação 11})$$

O valor de γ , foi determinado empiricamente, e depende da atomicidade do gás.

Gás monoatômico (um átomo por molécula)	Gás diatômico (dois átomos por molécula)	Gás poliatômico (três ou mais átomos por molécula)
$\gamma = \sqrt{3} \approx 1,7$	$\gamma = \sqrt{2} \approx 1,4$	$\gamma \approx 1,3$

Usando p_0 e V_0 para a pressão e volume iniciais e, p e V , para pressão e volume num momento posterior (final), a equação de Poisson pode ser escrita:

$$pV^\gamma = p_0V_0^\gamma \quad (\text{Equação 12})$$

Isolando a pressão final p , na Equação 12, obtemos:

$$p = \frac{p_0V_0^\gamma}{V^\gamma} \quad (\text{Equação 13})$$

¹³ **Processo adiabático** – Processo realizado em isolamento térmico, isto é, não permite troca de calor entre o sistema e o meio.

Substituindo a Equação 13 na Equação 5, definida entre os volumes inicial V_0 e final V , e resolvendo, determinaremos o trabalho do gás ideal no processo adiabático.

$$W = \int_{V_0}^V \frac{p_0 V_0^\gamma}{V^\gamma} dV = p_0 V_0^\gamma \int_{V_0}^V \frac{dV}{V^\gamma} \Rightarrow W = \frac{p_0 V_0^\gamma}{\gamma - 1} (V^{1-\gamma} - V_0^{1-\gamma})$$

Fazendo:

$$V_0^\gamma = \frac{V_0 V_0^\gamma}{V_0}, \quad V^{1-\gamma} = \frac{V}{V^\gamma} \quad \text{e} \quad V_0^{1-\gamma} = \frac{V_0}{V_0^\gamma}$$

E substituído $V_0^\gamma = \frac{V_0 V_0^\gamma}{V_0}$, $V^{1-\gamma} = \frac{V}{V^\gamma}$ e $V_0^{1-\gamma} = \frac{V_0}{V_0^\gamma}$ em $W = \frac{p_0 V_0^\gamma}{\gamma - 1} (V^{1-\gamma} - V_0^{1-\gamma})$, temos:

$$W = \frac{p_0 V_0 V_0^\gamma}{\gamma - 1 V_0} \left(\frac{V}{V^\gamma} - \frac{V_0}{V_0^\gamma} \right) = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{V_0^\gamma V}{V_0 V^\gamma} - \frac{V_0^\gamma V_0}{V_0 V_0^\gamma} \right) \Rightarrow W = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{V_0^\gamma V}{V^\gamma V_0} - 1 \right)$$

Da Equação 12, obtemos:

$$pV^\gamma = p_0 V_0^\gamma \Rightarrow \frac{V_0^\gamma}{V^\gamma} = \frac{p}{p_0}$$

Substituindo $\frac{V_0^\gamma}{V^\gamma} = \frac{p}{p_0}$ em $W = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{V_0^\gamma V}{V^\gamma V_0} - 1 \right)$, temos:

$$W = \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{p}{p_0} \frac{V}{V_0} - 1 \right) = \frac{1}{\gamma - 1} \left(\frac{p_0 V_0 p}{p_0} \frac{V}{V_0} - p V_0 \right)$$

$$\therefore W = \frac{1}{\gamma - 1} (pV - p_0 V_0) \quad (\text{Equação 14})$$

2.2 DIAGRAMA pV

No diagrama pV ¹⁴, no gráfico animado 1, o trabalho W , de um gás ideal, é numericamente igual à área A abaixo da curva entre os volumes inicial V_0 e final V .

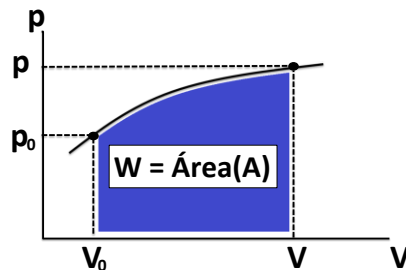


Figura 9: Animação do diagrama pV .

$$W = \text{Área}(A) = \int_{V_0}^V p dV \quad (\text{Equação 15})$$

Como o trabalho W depende da área da Figura 9 no diagrama pV e, esta, depende da trajetória seguida na transformação, então o trabalho do gás também depende da trajetória seguida pela transformação.

Observe os diagramas pV , (I), (II) e (III), mostrados na Figura 10. Eles representam a transformação de um gás ideal do estado **A** (p_A, V_A) para o estado **B** (p_B, V_B). Os trabalhos dos processos (I), (II) e (III), correspondem às áreas pintadas nas imagens.

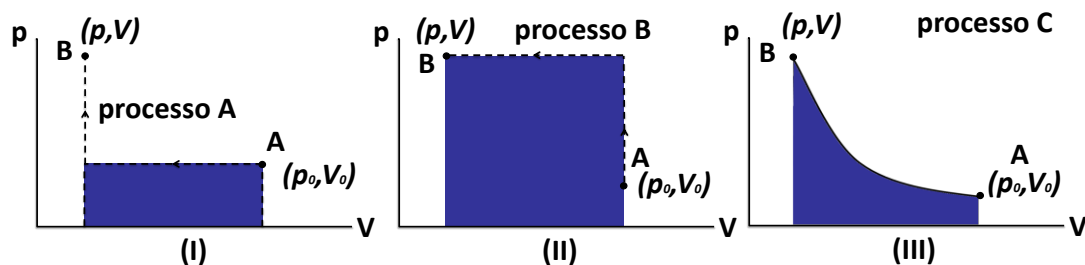


Figura 10: Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow B$ realizada por três caminhos (I), (II), (III) diferente.

¹⁴ **Diagrama pV** – Representa o gráfico da pressão p em função do volume V .

Para provar que o trabalho W de um gás ideal depende da trajetória seguida na sua transformação, vamos analisar o processo em que um gás é levado do estado inicial **A** (p_0, V_0) para o final **C** (p, V) pelos caminhos 1 e 2 mostrados na Figura 11, passando pelo estados intermediários **B** e **D**, respectivamente.

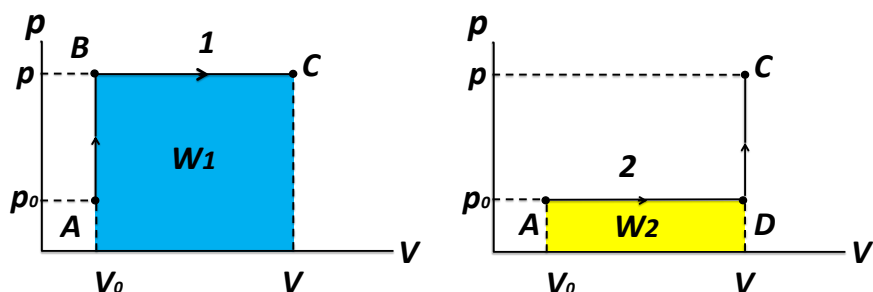


Figura 11: Animação do diagrama pV de uma transformação $A \rightarrow C$ por dois caminhos 1 e 2 diferentes.

Na Figura 11, o gás ideal sofre uma transformação do estado **A** para o estado **C** através de dois caminhos distintos, **ABC** e **ADC**. Ao longo do caminho 1, percurso **ABC**, o trabalho é igual à área pintada em azul, enquanto ao longo do caminho 2, percurso **ADC** é igual à área pintada de amarelo.

O trabalho W_1 no percurso 1 (**ABC**) é:

$$W_1 = W_{AB} + W_{BC}$$

No trecho **AB** a pressão aumenta de p_0 até p , mantendo o volume constante em V_0 . A seguir, no trecho **BC** a pressão permanece constante em p , enquanto o volume aumenta de V_0 para V . Como vimos na subsecção 2.1, nos itens 2.1.2 e 2.1.1, respectivamente, $W_{AB} = 0$ e $W_{BC} = p(V - V_0)$. Temos:

$$W_1 = 0 + p(V - V_0) \quad \therefore W_1 = p(V - V_0)$$

O trabalho W_2 no percurso 2 (**ADC**) é:

$$W_2 = W_{AD} + W_{DC}$$

No trecho **AD** a pressão se mantém constante em p_0 , enquanto o volume aumenta de V_0 até V . A seguir, no trecho **DC**, a pressão aumenta de p_0 para p enquanto o volume se mantém constante em V . Neste caso, $W_{AD} = p_0(V - V_0)$ e $W_{DC} = 0$.

$$W_2 = p_0(V - V_0) + 0 \quad \therefore W_2 = p_0(V - V_0)$$

Portanto, comparando os trabalhos nos percursos **1** (W_1) e **2** (W_2), podemos claramente observar que $W_1 \neq W_2$, e assim, afirmar que o trabalho de um gás ideal depende da trajetória.

3. ENERGIA INTERNA E VARIAÇÃO DA ENERGIA INTERNA DE UM GÁS IDEAL

3.1 ENERGIA INTERNA (E_{int})

A energia interna de um sistema gasoso é o somatório dos vários tipos de energia existente em suas moléculas: energia cinética de agitação ou translação e de rotação, energia potencial de agregação ou configuração, energia nuclear, enfim, todas as energias existentes em suas moléculas. Quando retiramos ou fornecemos parte dessa energia, provocamos variação na energia interna do corpo.

O modelo de gás ideal fundamenta-se na teoria cinética dos gases. Portanto, para o gás ideal e monoatômico, a energia interna E_{int} é igual à energia cinética média K de translação de suas moléculas, e obedece a seguinte equação:

$$E_{int} = K = \frac{3}{2} nRT \quad (\text{Equação 16})$$

Onde R é a constante universal dos gases perfeitos, T a temperatura absoluta e n o número de moles do gás.

Analisando a Equação 16, percebemos que a energia interna E_{int} de um gás ideal depende da sua temperatura T de forma diretamente proporcional, e não da pressão p e do seu volume V . Isto é, aumentando a temperatura do gás

haverá um aumento na sua energia interna e uma diminuição na temperatura produz uma diminuição na energia interna.

Relacionando a Equação 16 com a Equação 7, ($pV = nRT$), teremos:

$$E_{int} = \frac{3}{2}nRT \quad \therefore E_{int} = \frac{3}{2}pV \quad (\text{Equação 17})$$

3.2 VARIAÇÃO DA ENERGIA INTERNA (ΔE_{int})

Assim como a energia interna E_{int} de um gás ideal monoatômico é igual à energia cinética média \bar{K} de translação de suas moléculas, a variação da energia interna ΔE_{int} será igual à variação da energia cinética média $\Delta \bar{K}$.

Considere uma transformação gasosa, de um gás ideal, do estado 1, com n moles a uma temperatura T_0 para um estado 2 a uma temperatura T .

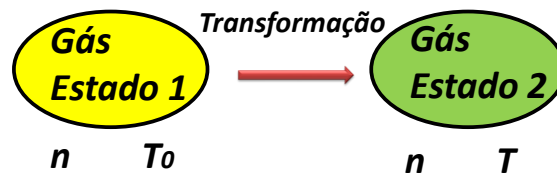


Figura 12: Animação da transformação gasosa do estado 1 para o estado 2.

Como o número de mols n não se altera na transformação, a variação da energia interna do gás será:

$$\Delta E_{int} = E_{int} - E_{int_0} = \frac{3}{2}nRT - \frac{3}{2}nRT_0 = \frac{3}{2}nR(T - T_0)$$

$$\therefore \Delta E_{int} = \frac{3}{2}nR\Delta T \quad (\text{Equação 18})$$

Observe que:

- Se ocorrer aumento na temperatura haverá aumento na energia interna e consequentemente a variação de energia interna será positiva $\Delta E_{int} > 0$.

- Se ocorrer diminuição na temperatura haverá diminuição na energia interna e conseqüentemente a variação de energia interna será negativa $\Delta E_{int} < 0$.
- Se a temperatura permanecer constante, a energia interna também se manterá constante e, como conseqüência, a variação de energia interna será nula $\Delta E_{int} = 0$.

ATENÇÃO

Definimos que a variação da energia interna depende da variação da temperatura, porém há processos em que a temperatura permanece constante e a energia interna varia. É o que ocorre nas mudanças de fases das substâncias puras. Durante a mudança de fases dessas substâncias a temperatura se mantém constante, enquanto a energia recebida ou cedida na forma de calor varia a energia interna do sistema.

A equação da energia interna, válida para os gases ideais, também é válida, em aproximação, para os gases reais rarefeitos monoatômicos. Veja na tabela as equações de energia interna para os gases monoatômicos, diatômicos e poliatômicos:

Gás monoatômico	Gás diatômico	Gás poliatômico
$E_{int} = \frac{3}{2}nRT$	$E_{int} = \frac{5}{2}nRT$	$E_{int} = 3nRT$

4 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA

O princípio da conservação da energia quando aplicado à termodinâmica recebe o nome de **Primeira Lei da Termodinâmica**, e pode ser enunciada da seguinte forma:

Existe uma função característica em todo processo termodinâmico denominada energia interna ΔE_{int} . A variação dessa energia interna ΔE_{int} , entre dois

estados de equilíbrio, inicial e final, pode ser determinada pela diferença entre a quantidade de calor Q e o trabalho W trocados com o meio.

$$\Delta E_{int} = Q - W \quad (\text{Equação 19})$$

Em qualquer processo termodinâmico entre os estados de equilíbrio, inicial e final, a grandeza $\Delta E_{int} = Q - W$ tem o mesmo valor independentemente do percurso ente os estados.

As grandezas ΔE_{int} , Q e W , podem assumir valores positivos, negativos ou nulos, dependendo do processo.

ATENÇÃO

Não é correto falar que um sistema tem certa quantidade de calor Q ou de trabalho W , pois como já foi definido, o calor é uma forma de energia que flui de um sistema para outro, devido a uma diferença de temperatura e o trabalho é uma medida de energia que também está em fluxo de um sistema para outro devido a uma variação de volume. Porém, é correto falar que um sistema tem certa quantidade de energia interna.

É comum escrever a equação que define a primeira lei da termodinâmica, quando as quantidades de calor, trabalho e energia interna forem muito pequenas, como:

$$dE_{int} = \bar{d}Q - \bar{d}W$$

Onde, $\bar{d}Q$ e $\bar{d}W$ não são diferenciais, elas apenas representam uma pequena quantidade de calor e trabalho. Mas dE_{int} é a diferencial da função da energia interna.

4.1 TRANSFORMAÇÕES TERMODINÂMICAS

Agora vamos analisar as transformações termodinâmicas de um gás ideal em relação à primeira lei da Termodinâmica.

4.1.1 TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

Na transformação isobárica a pressão se mantém constante $p = \textit{constante}$. Como vimos no item 2.1.1 da subsecção 2.1 o trabalho num processo a pressão constante é $W = p\Delta V$. Portanto a primeira lei da termodinâmica, Equação 19, permanece na forma:

$$\Delta E_{int} = Q - W$$

Diagrama V T

É o gráfico do volume V em função da temperatura T em uma transformação isobárica. A curva característica desse diagrama é uma linha reta inclinada em relação aos eixos V e T .

A partir da lei geral dos gases perfeitos $\frac{pV}{T} = \textit{constante}$, vamos obter a curva característica. Para isso vamos lembrar que a pressão p é constante e a divisão de uma constante por outra constante tem como produto uma constante, que vamos chamar de C_1 .

$$\frac{pV}{T} = \textit{constante} \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{\textit{constante}}{p} = C_1 \quad \therefore V = C_1 T$$

Observe que a função é do tipo $f(x) = ax$, 1º grau. Portanto o gráfico é uma linha reta inclinada entre os eixos V e T .

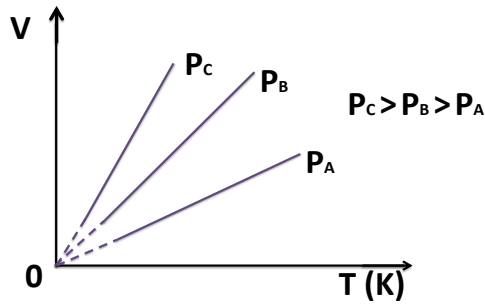


Figura 13: Animação do diagrama VT .

Na Figura 13, o processo isobárico representa o diagrama VT que apresenta três pressões P_A, P_B, P_C , com $P_A > P_B > P_C$. Observe que quanto maior a pressão, menor é a inclinação da reta com o eixo T .

O gráfico está tracejado próximo do $0K$ por que representa não alcançar esse ponto, já que essa temperatura é o zero Kelvin (zero absoluto). No processo isobárico o volume é diretamente proporcional à temperatura.

$$V \propto T$$

4.1.2 TRANSFORMAÇÃO ISOCÓRICA, ISOMÉTRICA OU ISOVOLUMÉTRICA

Em uma transformação isométrica o volume permanece constante $V = \text{constante}$. Conforme mostrado no item 2.1.2 da subsecção 2.1, em um processo a volume constante o sistema não troca trabalho com o meio externo $W = 0$. Portanto, a primeira lei da termodinâmica, Equação 19, fica na forma:

$$\Delta E_{int} = Q - W = Q - 0 \quad \therefore \Delta E_{int} = Q \quad (\text{Equação 20})$$

Diagrama pT

É o gráfico da pressão p em função da temperatura T em uma transformação isométrica. Analogamente ao diagrama VT , a curva característica desse diagrama é uma linha reta inclinada em relação aos eixos p e T .

Da lei geral dos gases $\frac{pV}{T} = \text{constante}$, obtemos a curva característica. Lembrado que o volume V é constante e que a divisão de uma constante por outra produz uma constante, que agora vamos chamar de C_2 , teremos:

$$\frac{pV}{T} = \text{constante} \Rightarrow \frac{p}{T} = \frac{\text{constante}}{V} = C_2 \quad \therefore p = C_2 T$$

A função é do tipo $f(x) = ax$, 1º grau. O que caracteriza o gráfico ser uma linha reta inclinada entre os eixos.

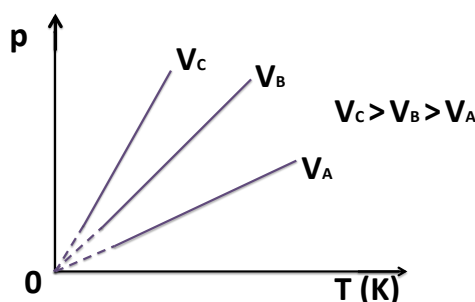


Figura 14: Animação do diagrama pT .

Na Figura 14, o processo isotérmico representa o diagrama pT que apresenta três volumes V_A, V_B, V_C , com $V_A > V_B > V_C$. Observe que quanto menor o volume, menor é a inclinação da reta com o eixo T .

Como foi visto no diagrama VT , no diagrama pT o gráfico também está tracejado próximo a 0 por que representa que ele não alcança esse ponto, já que a temperatura é o $0K$.

No processo isométrico a pressão é diretamente proporcional à temperatura.

$$p \propto T$$

4.1.3 TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

A transformação isotérmica ocorre à temperatura constante $T = \text{constante}$. Como apresentado na subsecção 3.2, num processo isotérmico a

variação da energia interna é nula $\Delta E_{int} = 0$. Logo, a primeira lei da termodinâmica, Equação 19, admite a forma:

$$\Delta E_{int} = Q - W \Rightarrow 0 = Q - W \quad \therefore Q = W$$

A temperatura de um gás ideal não varia em um processo isotérmico, entretanto ele troca calor com o meio.

Diagrama pV

É o gráfico da pressão p em função do volume V em uma transformação isotérmica. A curva característica desse diagrama é uma hipérbole em relação aos eixos p e V denominada de **isoterma**¹⁵.

A partir da lei geral dos gases perfeitos $\frac{pV}{T} = \text{constante}$, vamos obter a curva característica do diagrama pV . Lembrando que a temperatura T é constante, o produto de uma constante com outra tem como resultado uma constante, que vamos chamar de C_3 .

$$\frac{pV}{T} = \text{constante} \Rightarrow pV = \text{constante} \cdot T = C_3 \quad \therefore p = \frac{C_3}{V}$$

A função é do tipo $f(x) = \frac{a}{x} = ax^{-1}$, função exponencial. Logo, o gráfico é uma hipérbole equilátera entre os eixos p e V .

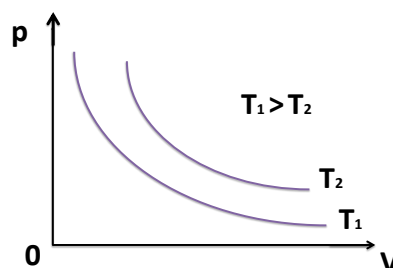


Figura 15: Animação das isotermas no diagrama pV .

¹⁵ **Isoterma** – Qualquer ponto sobre a curva possui a mesma temperatura.

Na Figura 15, o processo isotérmico representado no diagrama pV apresenta duas isotermas T_1 e T_2 com $T_1 < T_2$. Observe que quanto maior a temperatura, mais afastada da origem encontra-se a isoterma.

No processo isotérmico a pressão é inversamente proporcional ao volume.

$$p \propto \frac{1}{V}$$

4.1.4 TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

Transformação adiabática é aquela que não permite trocas de calor entre o sistema e o meio, $Q = 0$. Aplicando a primeira lei da termodinâmica a essa transformação, obtemos:

$$\Delta E_{int} = Q - W = 0 - W \quad \therefore \Delta E_{int} = -W \quad \Leftrightarrow \quad W = -\Delta E_{int} \quad (\text{Equação 21})$$

Em um processo adiabático, a variação da energia interna é igual em módulo, porém de sinal contrário, ao trabalho realizado. Isto significa que, nesse processo, o sistema realiza trabalho à custa da perda de sua energia interna. Isto é, se a energia interna do sistema aumentar, o sistema está recebendo trabalho.

Em uma transformação adiabática, a pressão p e o volume V de um gás ideal, relacionam-se pela lei de Poisson. Como já foi mostrado no item 2.1.4 da subsecção 2.1, Equação 10.

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

Considere a transformação de um gás ideal, do estado inicial 1, p_0 e V_0 , para um estado final 2, p e V .

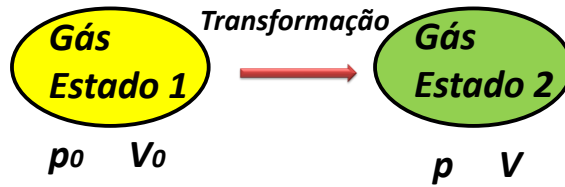


Figura 16: Animação da transformação adiabática de um gás ideal do estado 1 para o estado 2.

Obedecendo a lei de Poisson, Equação 12, temos:

$$pV^\gamma = p_0V_0^\gamma$$

No diagrama pV de um processo adiabático a curva característica é obtida pela lei de Poisson $pV^\gamma = \text{constante}$ e é semelhante a uma hipérbole. Chamando a constante de C_4 , temos:

$$p = \frac{C_4}{V^\gamma}$$

Como $\gamma > 1$, a curva $p = \frac{C_4}{V^\gamma}$ (processo adiabático) é mais inclinada em relação aos eixos p e V que a curva $p = \frac{C_3}{V}$ (processo isotérmico). Observe no gráfico, que a curva adiabática intercepta as isotermas nos pontos **A** e **B**.

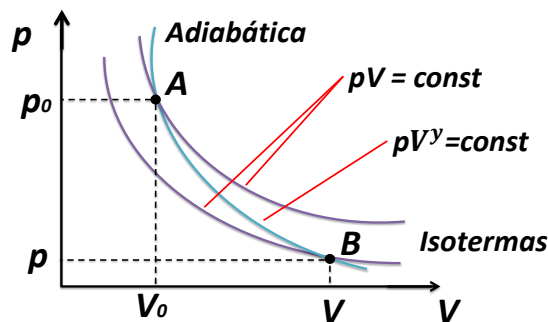


Figura 17: Animação do diagrama pV de um processo adiabático.

Na Figura 17, exibe um processo adiabático **AB** representado em um diagrama pV . A curva desse processo é semelhante a uma isoterma, sendo mais inclinada, interceptando-as nos pontos **A** e **B**. Tanto para adiabática quanto para a isoterma o trabalho W realizado na variação do volume é igual à área abaixo da curva ente V_0 e V .

Observe na Figura 17, que ao longo da adiabática, numa expansão **AB**, o gás realiza trabalho à custa de sua energia interna (a temperatura diminui). Numa compressão **BA**, sentido contrário, o trabalho é realizado sobre o gás, causando aumento em sua energia interna (a temperatura aumentou).

No processo adiabático a pressão p é inversamente proporcional ao volume V^γ .

$$p \propto \frac{1}{V^\gamma}$$

4.2 TRANSFORMAÇÃO CÍCLICA

Em um ciclo, o estado final é igual ao estado inicial. Nesse sentido, definimos transformação cíclica de um gás como uma sequência de transformações, após as quais, o gás volta às mesmas condições iniciais de pressão p , volume V e temperatura T .

No diagrama pV , o processo cíclico é representado por uma curva fechada e o módulo do trabalho trocado com o meio externo é determinado pela área interna à curva.

Considere um processo cíclico, em diagrama pV , sofrido por um gás de um estado **A** para outro **B**. A área em amarelo (imagem I) corresponde ao trabalho total do ciclo, a área cinza (imagem II) ao trabalho na transformação **AB** e a área azul (imagem III) trabalho na transformação **BA**.

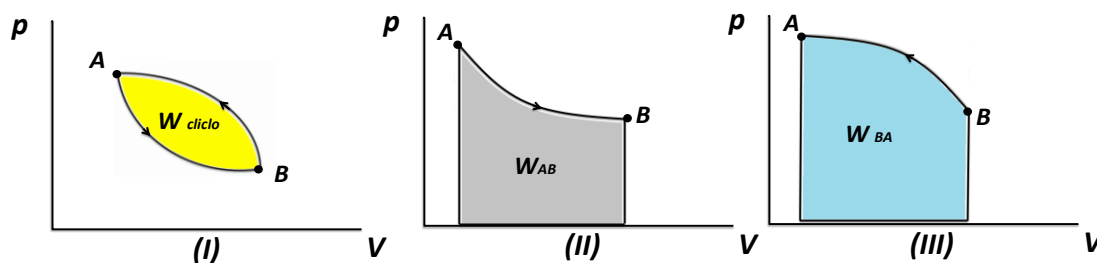


Figura 18: Animação da transformação cíclica ABA no diagrama pV .

Da Figura 18, no processo **AB**, imagem (II), o trabalho W_{AB} é dado pela área pintada em cinza e, no processo **BA**, imagem (III), o trabalho W_{BA} é obtido pela área pintada em azul. O trabalho total, imagem (I), do ciclo **ABA** (W_{ciclo}) é

a soma algébrica dos trabalhos realizados nas transformações **AB** e **BA**. Isto é, a área interna a curva fechada, pintada em amarelo:

$$W_{ciclo} = W_{AB} + W_{BA}$$

Observando a Figura 18, percebemos que na transformação **AB** o trabalho é positivo $W_{AB} > 0$, volume aumenta, e na transformação **BA** o trabalho é negativo $W_{BA} < 0$, volume diminui. Como $|W_{AB}| < |W_{BA}|$, o trabalho total do ciclo será negativo $W_{ciclo} < 0$.

Invertendo o sentido do ciclo na figura, em valor absoluto, o trabalho de **AB** continua sendo maior que o de **BA** ($|W_{AB}| < |W_{BA}|$), no entanto, na transformação **AB** o trabalho será negativo $W_{AB} < 0$ e na **BA** positivo $W_{BA} > 0$. O trabalho total do ciclo nesse caso será positivo $W_{ciclo} > 0$.

Então, podemos concluir que, quando a transformação cíclica ocorrer no sentido horário, o trabalho será positivo $W_{ciclo} > 0$, e no sentido anti-horário, será negativo $W_{ciclo} < 0$.

Como sabemos, em um processo cíclico, o sistema volta às mesmas condições iniciais, $p_B = p_A$, $V_B = V_A$ e $T_B = T_A$, Figura 18. Então, quando a transformação for cíclica, a energia interna final é igual a inicial $E_{int_B} = E_{int_A}$ e a variação da energia interna na transformação será nula $\Delta E_{int_{ciclo}} = 0$.

De acordo com a primeira lei da termodinâmica $\Delta E_{int} = Q - W$, para uma transformação cíclica, $\Delta E_{int} = 0$, teremos:

$$Q - W = 0 \qquad \therefore Q = W \qquad \text{(Equação 22)}$$

Observação

Em alguns processos cíclicos, serão apresentados diagramas pV , quais os gráficos são figuras geométricas simples, como por exemplo: quadrado, triângulo, trapézio e círculo. Nestes casos, o trabalho W_{ciclo} é obtido calculando diretamente sua área interna.

4.3 EXPANSÃO LIVRE

A expansão livre foi uma experiência simples, realizada por Joule, para determinar se a energia interna de um gás ideal depende ou não do seu volume. Ela consiste em um aparato de paredes rígidas, $V = \textit{constante}$, e adiabáticas, $Q = 0$, dividido em dois compartimentos ligados por uma torneira. Inicialmente o gás se encontra apenas no compartimento I, enquanto o II estava vazio.

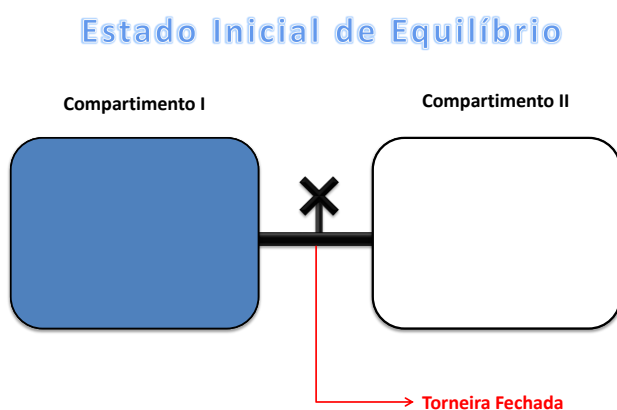


Figura 19: Animação da expansão livre de um gás ideal.

Quando a torneira é aberta o gás se expande do compartimento I para o compartimento II, sem trocar calor com o ambiente, realizando uma expansão livre, aumentando o volume. Como, em sua expansão, o gás não sofre resistência, ele não realiza trabalho, $W = 0$. Então, com $Q = 0$ e $W = 0$, a primeira lei fornece $\Delta E_{int} = 0$. Ou seja, a energia interna de um gás ideal em expansão livre mantém-se constante. Portanto, em uma expansão livre, a energia interna de um gás ideal não depende do volume.

5. SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da Termodinâmica estuda a possibilidade ou impossibilidade de se aproveitar a energia térmica e convertê-la em trabalho, e decorre da tendência da natureza a irreversibilidade e da ideia contida na primeira lei da Termodinâmica: o calor é uma forma de energia e obedece ao Princípio da Conservação.

De acordo com a Física:

- O calor não pode ser integralmente reaproveitado em outra forma de energia, embora previsto pela primeira lei da Termodinâmica, pois a natureza não permite. Esta ideia é a essência da segunda lei da Termodinâmica, e levou Lorde Kelvin e Max Planck a enunciarem a segunda lei da Termodinâmica do seguinte modo:

“Não é possível que um sistema retire calor de uma fonte e converta-o integralmente em trabalho sem que haja qualquer modificação no sistema ou em sua vizinhança”.

- Os processos naturais são irreversíveis. A transferência preferencial de calor do sistema de maior para o de menor temperatura levou Clausius a enunciar a segunda lei da Termodinâmica como:

“Não é possível o calor fluir, espontaneamente, de um sistema para outro de maior temperatura”.

Por mais que pareçam diferentes, os enunciados de Kelvin-Planck e de Clausius, sobre a segunda lei da Termodinâmica, são equivalentes e se completam.

Assim como a lei zero da Termodinâmica conduziu ao conceito de temperatura e a primeira lei ao de energia interna, a segunda lei conduz a um novo conceito, o de entropia. De acordo com a segunda lei, nas transformações naturais, a energia se transforma de uma forma organizada para uma desordenada, a energia térmica. A segunda lei exprime o fato de que os sistemas evoluem espontaneamente para um estado desorganizado, tendendo a um outro estado de equilíbrio, seguindo um sentido preferencial.

5.1 TRANSFORMAÇÃO REVERSÍVEL E IRREVERSÍVEL

Transformação **reversível** é aquela que pode ocorrer em ambos os sentidos, ou seja, um sistema, após sofrer uma transformação, pode retornar

ao seu estado inicial passando pelos mesmos estados intermediários no sentido inverso daquele ocorrido no processo inicial, sem interferência externa. No entanto, a transformação **irreversível** não pode se efetuar nos dois sentidos, isto é, sua inversa só pode ocorrer como parte de um processo mais complexo, com interferência externa.

A passagem espontânea do calor de um corpo de maior para o de menor temperatura é um bom exemplo de transformação irreversível. Já que o contrário, sem influência externa, ou seja, de forma espontânea, é improvável.

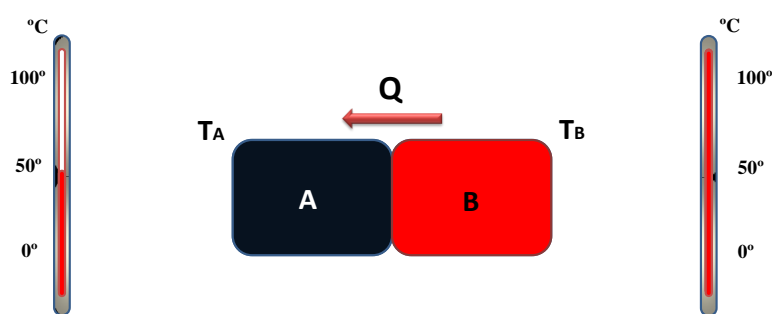


Figura 20: Animação da passagem espontânea de calor do corpo B para outro A.

Outro exemplo simples, de transformação irreversível, é o de uma gota de tinta caindo em um recipiente com água. A gota se espalha, de forma espontaneamente, por todo o líquido. Entretanto, é impossível que espontaneamente, as moléculas se reagrupem, restaurando a gota inicial.

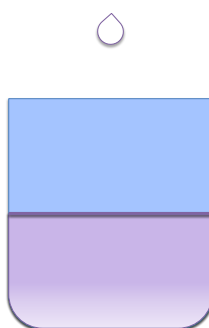


Figura 21: Animação de uma transformação irreversível: Uma gota de tinta caindo e se espalhando em um recipiente contendo água.

É importante saber que a transformação estritamente reversível é uma abstração simples e útil, que tem uma relação com os processos reais, semelhantes à relação do gás ideal com os gases reais. No entanto, na prática,

todas as transformações naturais são irreversíveis, mas podemos aproximá-las da reversibilidade fazendo refinamentos experimentais. Por exemplo, naturalmente um gás não está em equilíbrio durante uma transformação, pois suas diferentes porções não apresentam os mesmos, volume, pressão e temperatura. Consequentemente, as leis dos gases não são aplicáveis. Entretanto, se a transformação for realizada de forma lenta, haverá uniformização na pressão, no volume e na temperatura no sistema e no meio. Neste caso, as leis dos gases serão válidas em todo instante. Esse tipo de transformação é chamada quase estática ou reversível, pois ela pode ocorrer no sentido inverso e o gás voltar ao estado inicial sem alterações no meio. Vale salientar que nem todos os processos realizados muito lentamente são reversíveis.

5.2 MÁQUINAS TÉRMICAS

Nesse momento, vamos utilizar a segunda lei da Termodinâmica para analisar a máquina térmica. A máquina térmica é um dispositivo que opera em ciclos, entre dois reservatórios, um “quente”, de temperatura T_q e outro “frio”, de temperatura T_f , com o propósito de converter calor Q em trabalho W . As máquinas térmicas funcionam através de uma substância operante que realiza o trabalho. Por exemplo, a **água**, em uma máquina a vapor e, o **ar e vapor de gasolina**, nos motores de combustão interna. *Não confunda o combustível de uma máquina térmica com a substância operante, o combustível apenas mantém a temperatura do reservatório “quente”!* Essas substâncias operantes absorvem uma quantidade de calor Q_q do reservatório “quente”, realizam trabalho W , e cede a quantidade de calor Q_f , ao reservatório “frio”, ao retornar ao estado inicial.

A Figura 22 representa o funcionamento de uma máquina térmica a vapor.

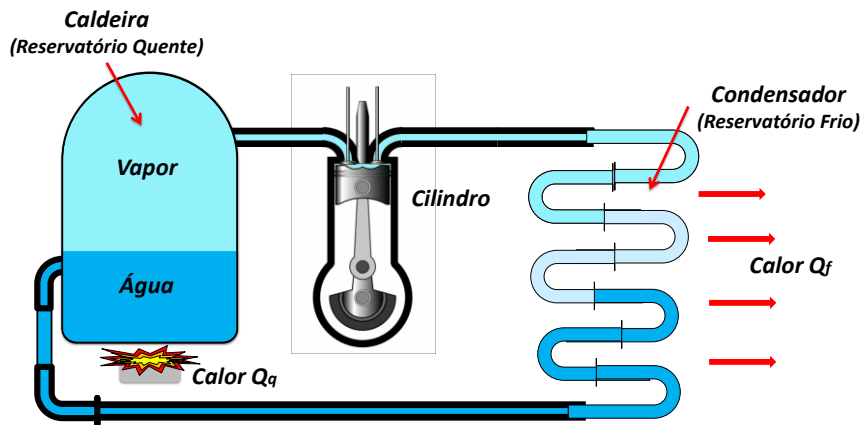


Figura 22: Animação do funcionamento de uma máquina térmica a vapor.

A Figura 23 representa o funcionamento de uma máquina térmica de combustão interna.

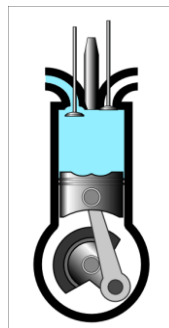


Figura 23: Animação do funcionamento de uma máquina térmica de combustão interna.

A partir da Figura 24, que mostra a representação esquemática do funcionamento de uma máquina térmica simples, vamos definir o rendimento de uma máquina térmica.

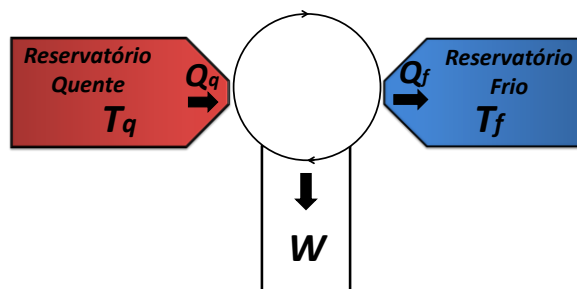


Figura 24: Animação esquemática do funcionamento de uma máquina térmica.

Uma máquina térmica é esquematicamente representada por flechas com sentido horário em torno do bloco central, que representa a máquina em funcionamento. O calor Q_q extraído do reservatório “quente” a alta temperatura T_q é convertido parte em trabalho W e, a outra parte, o calor Q_f , é descarregado no reservatório “frio” a baixa temperatura T_f .

A quantidade total de calor Q , que entra na máquina térmica, é igual à diferença entre os módulos da quantidade de calor $|Q_q|$ retirada do reservatório “quente” e a quantidade de calor $|Q_f|$ cedida ao reservatório “frio”.

$$Q = |Q_q| - |Q_f|, \text{ com } |Q_q| > |Q_f|$$

Aplicando a primeira lei da Termodinâmica, Equação 18, à máquina térmica, lembrando que ela opera em ciclos, $\Delta E_{int} = 0$, e substituindo $Q = Q_q - Q_f$, a conservação da energia garante que:

$$\Delta E_{int} = Q - W \Rightarrow 0 = (Q_q - Q_f) - W$$

$$\therefore W = |Q_q| - |Q_f| \quad (\text{Equação 23})$$

O trabalho realizado W pela máquina térmica é igual à diferença entre os módulos do calor retirado $|Q_q|$ do reservatório “quente” e do calor cedido $|Q_f|$ para o reservatório “frio”.

Rendimento ou eficiência ε

O **rendimento** ou **eficiência** ε de uma máquina térmica é definido como o quociente entre o trabalho W realizado pela máquina e o módulo do calor $|Q_q|$ retirado do reservatório “quente”.

$$\varepsilon = \frac{W}{|Q_q|} \quad (\text{Equação 24})$$

Como vimos, $W = |Q_q| - |Q_f|$. Substituindo teremos:

$$\varepsilon = \frac{|Q_q| - |Q_f|}{|Q_q|} = \frac{|Q_q|}{|Q_q|} - \frac{|Q_f|}{|Q_q|} \quad \therefore \varepsilon = 1 - \frac{|Q_f|}{|Q_q|} \quad (\text{Equação 25})$$

As máquinas térmicas transformam apenas parte do calor retirado do reservatório “quente” em trabalho. A outra parte é cedida ao reservatório “frio”. Portanto, a eficiência de uma máquina térmica é sempre inferior a 100%. A equação mostra claramente que a eficiência de uma máquina térmica só permite $0 < \varepsilon < 1$, isto é, $0\% < \varepsilon < 100\%$. Ela só atingirá 100% se a quantidade de calor cedido para o reservatório “frio” for igual a zero, $Q_f = 0$, o que, como foi enunciado por Kelvin-Planck, a natureza não permite, ou seja, é impossível. A eficiência é uma grandeza adimensional, isto é, não possui unidade.

Desde as máquinas térmicas mais primitivas, que eram usadas para movimentar trens e navios, até as mais modernas e sofisticadas, como um reator nuclear, funcionam obedecendo basicamente o mesmo esquema. As máquinas térmicas operam em ciclos, retornando ao seu ponto de partida depois de realizar cada quantidade de trabalho.

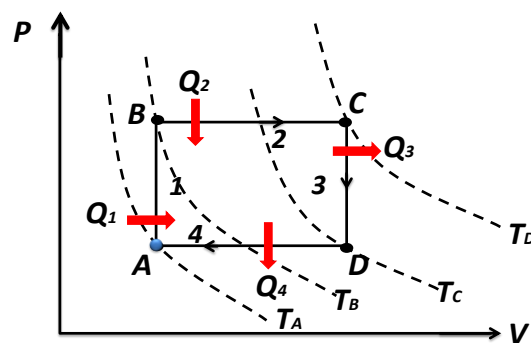


Figura 25: Animação de um processo cíclico de uma máquina térmica.

A Figura 25, representa um processo cíclico de uma máquina térmica que consiste em quatro etapas que podem ser realizadas mediante pequenos incrementos e, portanto, reversíveis, duas (**AB** e **CD**) a volume constante e

duas (**BC** e **DA**) a pressão constante. As linhas pontilhadas mostram as isotermas correspondentes às temperaturas T_A , T_B , T_C e T_D .

Etapa 1: No percurso **AB**, a temperatura e a pressão aumentam enquanto o volume permanece constante. O sistema recebe uma quantidade de calor Q_1 e não realiza trabalho.

Etapa 2: No percurso **BC**, a temperatura e o volume aumentam enquanto a pressão se mantém constante. O sistema recebe uma quantidade de calor Q_2 e realiza trabalho.

Etapa 3: No percurso **CD**, a temperatura e a pressão diminuem enquanto o volume permaneça constante. O sistema libera uma quantidade de calor Q_3 e não realiza trabalho.

Etapa 4: No percurso **DA**, fechando o ciclo, a temperatura e o volume diminuem enquanto a pressão se mantém constante. O sistema libera uma quantidade de calor Q_4 e recebe trabalho.

5.3 OS REFRIGERADORES

Vamos usar a segunda lei da Termodinâmica para analisar máquinas que convertem trabalho em calor. Essas máquinas são chamadas de refrigeradores ou máquinas frigoríficas. O refrigerador, basicamente, é uma máquina térmica que opera no sentido inverso, isto é, retira calor do reservatório “frio”, a baixa temperatura, e cede ao reservatório “quente”, a alta temperatura, à custa da realização de trabalho no sistema. Contrário ao que possa parecer, os refrigeradores não contraria o enunciado de Clausius da segunda lei, pois a passagem de calor da fonte de menor para a de maior temperatura não é espontânea, ocorre a custa de trabalho.

Como toda máquina térmica o refrigerador efetua um processo cíclico através de uma substância operante, e obedece a relação:

$$W = |Q_q| - |Q_f|, \text{ com } |Q_q| > |Q_f|$$

O trabalho W realizado sobre o sistema é igual à diferença entre os módulos do calor Q_q retirado do reservatório “quente” e do calor Q_f cedido ao reservatório “frio”. A Figura 26 representa basicamente o esquema de funcionamento de um refrigerador. Operando no sentido inverso ao de uma máquina térmica, sentido anti-horário, retira calor Q_q do reservatório “quente”, de temperatura T_q , a custa de trabalho W realizado sobre o sistema e cede a quantidade Q_f de calor ao reservatório “frio”, de temperatura T_f .

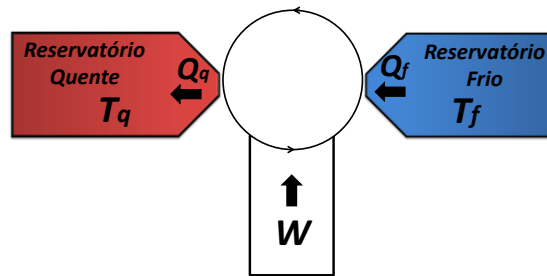


Figura 26: Animação esquemática do funcionamento de um refrigerador.

Na Figura 26, o refrigerador é representado por flechas que giram no sentido anti-horário em torno do bloco central. Num refrigerador, o calor Q_f é extraído do reservatório a baixa temperatura devido à realização de trabalho W pela máquina. A energia equivalente ao calor extraído e ao trabalho efetuado é descarregada como o calor Q_A no reservatório a alta temperatura.

Um refrigerador é avaliado em termos do seu coeficiente de desempenho κ , definido por:

$$\kappa = \frac{|Q_f|}{W} \quad (\text{Equação 26})$$

Sabendo que $W = |Q_q| - |Q_f|$, podemos expressar o rendimento como:

$$\kappa = \frac{|Q_f|}{|Q_q| - |Q_f|} \quad (\text{Equação 27})$$

Um refrigerador é perfeito quando o trabalho realizado pela vizinhança é nulo $W = 0$. Neste caso, o coeficiente de rendimento seria infinito.

Uma outra forma de enunciar a segunda lei da termodinâmica, proposta por **Clausius**, se refere ao desempenho dos refrigeradores.

“É impossível uma máquina térmica em processo cíclico, fazer o calor fluir de um sistema de menor temperatura para outro de maior, sem ajuda de um agente externo”.

A consequência imediata desse enunciado é que o calor só pode passar de um sistema de menor para outro de maior temperatura se um agente externo realizar um trabalho sobre ele. Portanto, essa definição afirma que não há refrigeradores perfeitos.

5.4 O CICLO DE CARNOT

O engenheiro francês Sadi Carnot, sabendo da impossibilidade de construir uma máquina térmica capaz de obter o rendimento total, 100%, propôs uma máquina térmica teórica, ideal, que funciona percorrendo um ciclo particular, denominado ciclo de Carnot. O ciclo de Carnot é o ciclo, realizado com gás ideal, que uma máquina térmica deve operar para obter o máximo rendimento possível. A Figura 27 representa, no diagrama pV , o ciclo de Carnot. O ciclo consiste em quatro processos, dois isotérmicos e dois adiabáticos, reversíveis e intercalados.

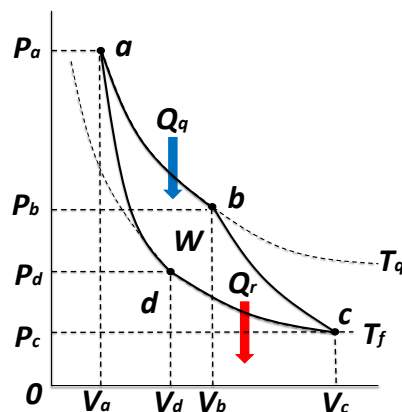


Figura 27: Animação do Ciclo de Carnot.

Processo 1 - Expansão isotérmica **ab**. A energia interna do gás se mantém constante, $E_{int} = \text{constante} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0$. O gás retira o calor Q_q do reservatório “quente” e realiza trabalho W_1 .

$$W_1 = Q_q$$

Processo 2: Expansão adiabática **bc**. Não há trocas de calor entre o gás e o meio, $Q = 0$. O gás realiza trabalho W_2 enquanto a temperatura cai de T_q para T_f , diminuindo sua energia interna, $\Delta E_{int} < 0$.

$$W_2 = -\Delta E_{int}$$

Processo 3: Compressão isotérmica **cd**. A energia interna do gás se mantém constante $E_{int} = \text{constante} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0$. O gás cede o calor Q_f para o reservatório “frio” e recebe trabalho W_3 .

$$W_3 = Q_f$$

Processo 4: Compressão adiabática **da**. O gás volta ao seu estado inicial completando o ciclo. Não há trocas de calor entre o gás e o meio, $Q = 0$. O gás recebe trabalho W_4 e a sua temperatura aumenta de T_f para T_q , aumentando também a sua energia interna, $\Delta E_{int} > 0$.

$$W_4 = -\Delta E_{int}$$

Determinando a eficiência ε de uma máquina térmica que opera segundo o ciclo de Carnot. Na expansão isotérmica **ab**, processo 1, vimos que o calor Q_q retirado do reservatório a alta temperatura é igual em módulo ao trabalho W_1 realizado pelo gás. No item 2.1.3, também vimos que o trabalho realizado por um gás ideal a temperatura constante é obtido por $W = nRT \ln \frac{V}{V_0}$. Assim:

$$|Q_q| = W_1 = nRT_q \ln \frac{V_a}{V_b}$$

De forma análoga, no processo 3, compressão isotérmico **cd**.

$$|Q_f| = W_3 = nRT_f \ln \frac{V_c}{V_d}$$

Dividindo $|Q_q|$ por $|Q_f|$, temos:

$$\frac{|Q_q|}{|Q_f|} = \frac{nRT_q \ln \frac{V_a}{V_b}}{nRT_f \ln \frac{V_c}{V_d}} \qquad \frac{|Q_q|}{|Q_f|} = \frac{T_q \ln \frac{V_a}{V_b}}{T_f \ln \frac{V_c}{V_d}}$$

Dada a equação geral dos gases ideais $\frac{pV}{T} = \text{const}$, isolando p ,

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \Rightarrow p = \frac{T}{V} \text{const}$$

E substituindo na relação de Poisson, Equação 10, $pV^\gamma = \text{const}$,

$$\frac{T}{V} \text{const} \cdot V^\gamma = \text{const} \Rightarrow \frac{TV^\gamma}{V} = \frac{\text{const}}{\text{const}} = \text{Const}$$

Permite-nos escrever:

$$TV^{\gamma-1} = \text{const}$$

Para as transformações adiabáticas **bc** e **da**:

$$T_q V_b^{\gamma-1} = T_f V_c^{\gamma-1} \qquad \text{e} \qquad T_q V_a^{\gamma-1} = T_f V_d^{\gamma-1}$$

Dividindo $T_q V_b^{\gamma-1} = T_f V_c^{\gamma-1}$ por $T_q V_a^{\gamma-1} = T_f V_d^{\gamma-1}$,

$$\frac{T_q V_b^{\gamma-1}}{T_q V_a^{\gamma-1}} = \frac{T_f V_c^{\gamma-1}}{T_f V_d^{\gamma-1}} \Rightarrow \frac{V_b^{\gamma-1}}{V_a^{\gamma-1}} = \frac{V_c^{\gamma-1}}{V_d^{\gamma-1}} \Rightarrow \left(\frac{V_b}{V_a}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_c}{V_d}\right)^{\gamma-1} \qquad \therefore \left(\frac{V_b}{V_a}\right) = \left(\frac{V_c}{V_d}\right)$$

Obtemos:

$$\frac{|Q_q|}{|Q_f|} = \frac{T_q}{T_f} \Leftrightarrow \frac{T_f}{T_q} = \frac{|Q_f|}{|Q_q|}$$

As quantidades de calor trocado com os reservatórios “quente” e “frio” são proporcionais as suas temperaturas absolutas. Logo, a eficiência de uma máquina térmica de Carnot é função exclusiva das temperaturas absolutas dos reservatórios “quente” e “frio”, não dependendo da substância operante. Portanto, da Equação 25,

$$\varepsilon = 1 - \frac{|Q_f|}{|Q_q|}$$

Sendo,

$$\frac{T_f}{T_q} = \frac{|Q_f|}{|Q_q|}$$

Temos:

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_f}{T_q} \quad (\text{Equação 28})$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, descrevemos sobre o processo de avaliação da validade do instrumento pedagógico, a aplicação do material didático, apresentado no Capítulo 3, com as Animações Virtuais Interativas de conteúdos da Termodinâmica na turma do 2º período do Curso Superior em Tecnologia em Automação Industrial do IFPB Campus Cajazeiras e, de forma detalhada, os resultados e sua análise, mediante o levantamento de informações adquiridas através de alguns instrumentos de investigação: avaliação quantitativa (notas) do conteúdo através de avaliações individuais (I e II), as quais se encontram no Apêndice I, questionário aberto composto de quatro perguntas acerca do material utilizado e sua funcionalidade, encontrado no Apêndice III e, entrevista aberta com um dos estudantes sujeito da pesquisa. Os instrumentos de investigação foram aplicados respectivamente nessa ordem junto aos estudantes acerca da nossa proposta.

Após a análise dos resultados das avaliações individuais, questionários e entrevista, obtemos informações necessárias para avaliar se a nossa proposta, o uso de recursos computacionais nas aulas de Física, sendo mais específico em nosso trabalho, a utilização de animações virtuais, fundamentada por alguns importantes estudiosos, foi bem aceita pelos estudantes em um curso de graduação do IFPB Campus Cajazeiras, isto é, se ela pode contribuir de forma significativa para o ensino e a aprendizagem do assunto proposto.

Ferramentas computacionais são capazes de auxiliar na construção do conhecimento, e podem ser usadas para dar sentido ao novo conhecimento por interação com significados claros, estáveis e diferenciados, previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (FIOLHAIS e TRINDADE, 2003, s/p)

No intuito de deixar transparente o processo de ensino – aprendizagem – avaliação, do instrumento pedagógico e da nossa proposta, vamos relatar detalhadamente todo o trajeto percorrido na pesquisa, suas intervenções e resultados. Não estamos tratando aqui a metodologia, mas sim a descrição sistemática de todo o processo da pesquisa.

Como mencionado no Capítulo 2, referente aos procedimentos metodológicos, o primeiro objeto de avaliação foi um teste, constituído de 5 (cinco) questões, sendo 3 (três) conceituais fechadas e 2 (duas) abertas com aspectos quantitativos, relacionadas a determinação do trabalho realizado por um gás ideal (a) para três trajetos ou três processos e (b) um ciclo total. Esse teste, o qual denominamos Avaliação Individual I, foi realizado em um período de duas horas aulas, após aulas expositivas do conteúdo da Termodinâmica em moldes tradicionais (sem a utilização do material didático elaborado com Animações Virtuais Interativas) que tiveram uma duração de cinco horas aulas. A avaliação individual I define as notas quantitativas entre 0,0 (zero) a 10,0 (dez) para cada estudante, no intuito de averiguar a aprendizagem do conteúdo exposto em sala para os alunos sujeitos à pesquisa.

Num total de 8 (oito) estudantes participaram da pesquisa, identificados como: Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3, Estudante 4, Estudante 5, Estudante 6, Estudante 7 e Estudante 8, para não expor seus nomes por questões éticas. Após a aplicação da Avaliação Individual I foram feitas as devidas correções, segundo o gabarito (Apêndice II), e divulgadas as notas quantitativas conforme o quadro apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na avaliação individual I sobre o conteúdo da Termodinâmica.

SUJEITOS DE PESQUISA	NOTAS
Estudante 1	3,6
Estudante 2	6,0
Estudante 3	3,0
Estudante 4	3,7
Estudante 5	3,1
Estudante 6	4,2
Estudante 7	2,8
Estudante 8	5,5

Na Tabela 2, em que apresenta o quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na avaliação individual I, podemos verificar como foi exposto no Capítulo 2, seção 2.2, o porquê da escolha da Termodinâmica para servir como conteúdo de intervenção da nossa proposta. Tendo em vista que a nota mínima para aprovação é 7,0 (sete), pode-se observar que o número de notas baixas (notas abaixo da média) chegou a 100%. Isto é, todos os oito estudantes ficaram “reprovados” na avaliação sobre conteúdo da Termodinâmica. O que condiz com a explicação dada para a opção por esse assunto.

Prosseguindo o processo de pesquisa para obtenção e verificação dos resultados, foi realizado mais cinco horas aulas, nessa turma. Aulas expositivas do mesmo conteúdo, Termodinâmica. No entanto, dessa vez, as aulas foram realizadas utilizando o material didático elaborado mostrado no Capítulo 3, o qual possui Animações Virtuais Interativas. Ao final das aulas, em outro encontro, com a duração de duas horas aulas, foi realizado outro teste, a Avaliação Individual II, também constituída de 5 (cinco) questões, 3 (três) conceituais fechadas e 2 (duas) abertas relacionadas a determinação do trabalho, com o mesmo nível de dificuldade das questões utilizadas na Avaliação Individual I e, com a mesma finalidade, medir por meios quantitativos, notas de 0,0 (zero) a 10,0 (dez), a aprendizagem do conteúdo exposto em sala para os estudantes sujeitos da pesquisa. Nessa avaliação todos os 8 (oito) alunos também participaram. A identificação dos estudantes sujeitos da pesquisa não foi alterada, ou seja, continuou sendo: Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3, Estudante 4, Estudante 5, Estudante 6, Estudante 7 e Estudante 8.

Semelhante ao feito na Avaliação Individual I, depois da aplicação da Avaliação Individual II, fez-se as correções e divulgação das notas quantitativas mediante o quadro na Tabela 3.

Tabela 3: Quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na avaliação individual II sobre o conteúdo da Termodinâmica.

SUJEITOS DE PESQUISA	NOTAS
Estudante 1	4,6
Estudante 2	7,2
Estudante 3	7,0
Estudante 4	7,9
Estudante 5	6,4
Estudante 6	6,1
Estudante 7	4,4
Estudante 8	9,3

Na Tabela 3, apresentamos o quadro de notas adquiridas pelos estudantes sujeitos de pesquisa na Avaliação Individual II. Observando-o, podemos verificar que houve um aumento nas notas de todos os estudantes. Algumas mais significativa que outras. Sabendo que a nota mínima para aprovação é 7,0 (sete), podemos verificar que o número de notas acima da média aumentou. Saiu de 0% para 50% de aprovação no conteúdo. Isto é, quatro alunos foram “aprovados”, enquanto os outros quatro, mesmo com melhora em sua nota, não conseguiram a aprovação.

Apresentamos, na Tabela 4, um quadro comparativo, em termos quantitativos, da diferença entre as notas da Avaliação Individual I e da Avaliação Individual II de cada estudante sujeito à pesquisa, ou seja, entre as aulas expositivas, sem o uso das Animações Virtuais Interativas e com o uso das Animações Virtuais Interativas.

Tabela 4: Comparação das notas obtidas pelos estudantes nas Avaliações Individuais I e II sobre o conteúdo da Termodinâmica.

SUJEITOS DE PESQUISA	NOTAS DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL I <i>Sem as Animações Virtuais Interativas</i>	NOTAS DA AVALIAÇÃO INDIVIDUAL II <i>Com as Animações Virtuais Interativas</i>	DIFERENÇA ENTRE AS NOTAS
Estudante 1	3,6	4,6	+1,0
Estudante 2	6,0	7,2	+1,2
Estudante 3	3,0	7,0	+4,0
Estudante 4	3,7	7,9	+4,2
Estudante 5	3,1	6,4	+3,3
Estudante 6	4,2	6,1	+1,9
Estudante 7	2,8	4,4	+1,6
Estudante 8	5,5	9,3	+3,8

O sinal (+) positivo que aparece a esquerda dos valores na quarta coluna da Tabela 4, coluna que representa a diferença com uma casa decimal, entre as notas da Avaliação Individual II e da Avaliação Individual I (diferença = nota Aval. Ind. II – nota Aval. Ind. I) indica que esse valor é positivo, ou seja, houve aumento nas notas.

Para explicitar de forma mais transparente a melhora nas notas, apresentamos na Tabela 5 a diferença percentual entre as Avaliações Individuais I e II.

Tabela 5: Quadro de percentual de aumento das notas dos estudantes entre as Avaliações Individuais I e II sobre o conteúdo da Termodinâmica.

SUJEITOS DE PESQUISA	PERCENTUAL DE DIFERENÇA
Estudante 1	+27,8%
Estudante 2	+20,0%
Estudante 3	+133,3%
Estudante 4	+113,5%
Estudante 5	+106,4%
Estudante 6	+45,2%
Estudante 7	+57,1%
Estudante 8	+69,1%

Análogo a Tabela 4, o sinal (+) positivo que aparece à esquerda dos valores percentuais na segunda coluna da Tabela 5, coluna que representa o percentual de diferença com uma casa decimal, entre as notas da Avaliação Individual II e da Avaliação Individual I [percentual de diferença = (diferença x 100)/nota Avaliação Individual II] indica que esse valor é positivo, ou seja, também houve aumentos nas notas.

Podemos nos questionar: Como foi o mesmo conteúdo aplicado na mesma turma, com e sem Animações Virtuais Interativas, não era de se esperar que houvesse realmente aumento nos valores das notas, independente do uso das animações? Pois, o conteúdo foi visto duas vezes. A resposta a esse questionamento é simples. Pode sim ter havido certa influência, no entanto ela foi mínima. Afirmamos isso, em virtude das notas extremamente baixas na primeira intervenção, ou seja, sem o uso das animações. Foi por isso, que resolvemos aplicar nessa mesma turma o conteúdo da Termodinâmica com as Animações Virtuais Interativas. E com o aumento podemos dizer que elas ajudaram na aprendizagem dos conteúdos da Termodinâmica.

Em síntese, para verificar e enfatizar a análise dos resultados encontrados na intervenção sem o uso de Animações Virtuais Interativas e com

o uso de Animações Virtuais Interativas, construímos o gráfico apresentado na Figura 28.

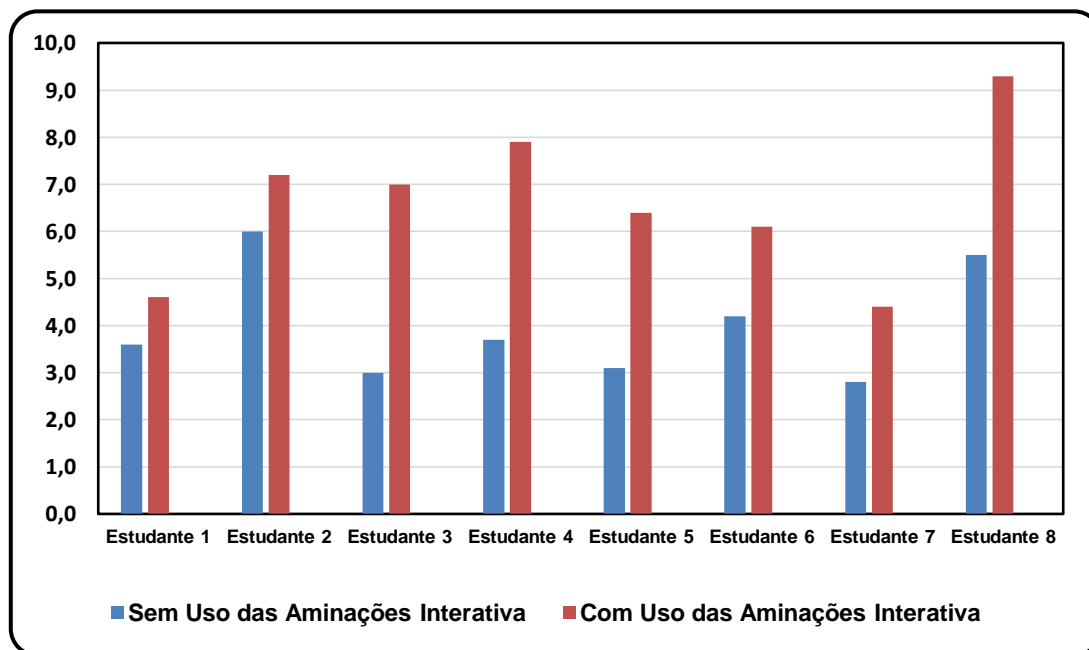


Figura 28: Gráfico comparativo entre as notas obtidas pelos oito estudantes sujeitos de pesquisa nas Avaliações individuais I e II.

Os resultados comprovam que realmente houve um aumento. Podemos dizer que foi um aumento significativo nas notas. Dessa forma consideramos como importante razão para a inserção de

[...] novas tecnologias na vida escolar, o fato de que elas fazem parte do cotidiano do aluno e o fato de que é preciso que haja uma adequação das escolas e dos profissionais da área de educação na produção, desenvolvimento e aplicação de tais tecnologias. Caso isto não ocorra, o mundo escolar tornar-se-á completamente distante do mundo vivencial do aluno. Por isto, se a escola dispõe de condições físicas, deve aproveitar os meios disponíveis para modernizar suas aulas, principalmente quando não possui os recursos para um laboratório de Ciências. (GONÇALVES et al., 2006, p. 33).

Depois da aplicação das Avaliações Individuais I e II, foi realizado a aplicação de um questionário com os sujeitos da pesquisa. Este foi elaborado com perguntas abertas para que os sujeitos da pesquisa tivessem a liberdade para escrever e, desta forma, adquirir a maior quantidade possível de informações dos estudantes sobre a intervenção didática com uso das Animações Virtuais Interativas com o material produzido e que se encontra no capítulo três. O questionário se encontra no Apêndice III e possui as seguintes perguntas:

1° pergunta - O material apresenta um texto de linguagem simples e clara, tornando-se de fácil compreensão?

2° pergunta - As imagens demoram muito para abrir, tomam muito espaço no armazenamento e são fáceis de interagir?

3° pergunta - As imagens estreita a ponte entre a teoria e o fenômeno?

4° pergunta - O material didático, com Animações Virtuais Interativas, teve êxito como um instrumento capaz de facilitar o processo de ensino-aprendizagem no conteúdo de termodinâmica?

Devido a paralização geral das atividades no Campus Cajazeiras do IFPB¹⁶ e como boa parte dos estudantes da turma do 2° semestre do curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial, assim como a maioria dos estudantes de outras turmas de outros cursos, não residem na cidade de Cajazeiras, só conseguimos contatar, com apenas 4 (quatro) alunos, que se dispuseram a participar na resolução do questionário, o qual teve que ser enviado por e-mail, no formato “doc. do word”, e devolvido também por e-mail.

Acreditamos que isso não diminui a validade da nossa pesquisa, pois como afirma Mattar (1994), já mencionado neste trabalho, que o questionário é um instrumento de investigação que visa recolher informações baseando-se, geralmente, na inquirição de um grupo representativo da população em estudo. Para tal, coloca-se uma série de questões que abrangem um tema de interesse dos investigadores, não havendo, para as respostas, interação direta entre estes e os inquiridos. E, segundo Gonzáles Rey (2005), não é o tamanho do grupo que define os procedimentos de construção do conhecimento, mas as exigências de informação quanto ao modelo de construção que a caracterizam.

Mesmo sendo o questionário elaborado com perguntas abertas com o objetivo de os sujeitos da pesquisa não pouparem palavras e responderem de forma livre com a finalidade de adquirir um volume de informações, o que se pôde perceber foi a simplificação nas repostas. Acreditamos que isso se deva a

¹⁶ Tal paralização das atividades acadêmicas foi em virtude da Greve. Fonte: <http://www.sintefpb.org.br/>

predisposição dos estudantes a dar informação. Não basta apenas que ele a tenha. O sujeito da pesquisa respondente deve ter predisposição para dar a informação, e isso depende de alguns fatores, dentre eles, o trabalho e o tempo envolvidos na elaboração das repostas e sua habilidade em articular a resposta. Mas isso não tirou o brilho da ideia do questionário. As repostas foram objetivas, mas o significado ficou claro.

Identificando os estudantes que participaram na resolução do questionário como: Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3 e Estudante 4, sem citar nomes ou abreviaturas dos nomes por questões éticas, as respostas ao questionário foram:

Estudante 1

1º pergunta

Resposta: Sim, e deixou o assunto mais interessante.

2º pergunta

Resposta: As imagens abrem instantaneamente, ocupam pouco armazenamento e são sim bastante fáceis de interagir.

3º pergunta

Resposta: Sim, facilitando ainda mais o nosso aprendizado.

4º pergunta

Resposta: Sim, foi de grande ajuda para facilitar o conhecimento a ser adquirido.

Estudante 2

1º pergunta

Resposta: Sim.

2º pergunta

Resposta: São bem rápidas, ocupam pouco espaço e dá para interagir de modo bem fácil.

3° pergunta

Resposta: Sim.

4° pergunta

Resposta: Sim, ficou até mais interessante o assunto aplicado desta maneira.

Estudante 3

1° pergunta

Resposta: Sim, as imagens facilitaram bastante o meu conhecimento.

2° pergunta

Resposta: O tempo gasto para abrir as imagens foi muito curto, o espaço de armazenamento muito pequeno também e foi bem fácil de interagir.

3° pergunta

Resposta: Sim, com elas ficou mais fácil a compreensão do assunto e ficou melhor a interação com o professor.

4° pergunta

Resposta: Sim, como frisei nas outras questões ele foi bem dinâmico e interativo, capacitando assim um rápido aprendizado do assunto.

Estudante 4

1° pergunta

Resposta: Sim. A compreensão ficou muito mais fácil depois da interatividade apresentada pelo professor.

2° pergunta

Resposta: As imagens não demoram para abrir e nem tomam muito espaço de armazenamento, e a interação é bastante fácil.

3º pergunta

Resposta: Não só estreita essa ponte como uni a teoria com a prática, ainda que seja no formato virtual.

4º pergunta

Resposta: O material em questão é muito bom, e na minha opinião deveria ser apresentado em todas as escolas da rede pública, que andam muito carentes de ideias como essa nas suas salas de aula. No meu caso, adquiri mais conhecimento e uma melhor nota depois que estudar com o material do professor João Bosco, o que muitas vezes não é uma regra, aprender e tirar uma boa nota, assim acredito que fica bem claro que além de proporcionar um melhor entendimento do assunto, proporciona melhor resultado acadêmico.

Da análise das fontes de dados, isto é, da análise geral dos questionários, pode-se constatar evidências que o material didático usado para mediar as aulas de física sobre Termodinâmica por meio de Animações Virtuais Interativas favoreceu a intervenção didática, ou seja, diminuiu a distância entre o que é “ensinado” e o que é “aprendido”. O que pôde ser observado nas respostas unânime dos estudantes.

Por acreditar na importância do conhecimento da Física para o processo de formação social e cultural dos indivíduos, defendemos o uso de Animações Virtuais Interativas, como uma forma de acompanhar as transformações sociais e tecnológicas que a sociedade vem sofrendo. As Animações Virtuais Interativas partem do visível e da interação e, podem aproximar o conceito abstrato, que é falado pelo professor na sala de aula, do fato ou fenômeno concreto (ABRANTES JÚNIOR e FREIRE, 2014).

Por fim, em entrevista realizada com um dos estudantes sujeito da pesquisa, foi abordado a seguinte pergunta geral a respeito do uso do material didático durante a aula: *Como você vê o uso de recursos tecnológicos para*

auxiliar no ensino de componentes curriculares considerados “difíceis”, como por exemplo, a Física? Responda usando como referência a experiência que adquiriu quando foi usado nas aulas de Física que participou, o material didático com Animações Virtuais Interativas sobre o conteúdo da Termodinâmica.

Em resposta, o Estudante respondente disse:

Estudante : *“Eu vejo como uma evolução, as aulas de disciplinas consideradas “difíceis” sempre nos exigem mais, mais atenção e mais raciocínio e isso é bom, mas as vezes isso nos força muito e assim entendemos essas aulas como aulas chatas e cansativas tornando o que era bom ruim, pois colocando na cabeça que algo é ruim ou chato dificilmente vamos tirar algo de proveito. Com essa experiência que tivemos em sala de aula do uso da tecnologia para nos auxiliar no componente curricular, foi tudo diferente conseguimos prestar mais atenção na aula pois o nosso assunto interagia com nós mesmos e assim nos descontraia daquele cansaço tornando o nosso rendimento maior e ajudando assim o professor e a nos alunos.”*

As Animações Virtuais Interativas apresentam de forma dinâmica os conceitos e fenômenos da Termodinâmica abordados. As animações são valiosas no sentido em que elas tornam visíveis os processos que não são fáceis de serem vistos e descritos mediante quadro, giz e palavras (ABRANTES JÚNIOR e FREIRE, 2014).

Portanto, confirmamos nossa crença de que a inserção de recursos computacionais no ensino da Física e seu uso de forma consciente, como exemplo, Animações Virtuais Interativas, mesmo com suas limitações, permite uma mudança na forma de ensinar e aprender e, cria um ambiente favorável a aprendizagem. Esses recursos, quando bem explorados, interferem de forma direta e significativa na aprendizagem dos estudantes produzindo efeitos positivos.

5. COSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento tecnológico vem trazendo cada vez mais novos desafios para a educação e, principalmente para os docentes, que são exigidos pelo sistema e pela sociedade, a dominar os novos recursos tecnológicos à sua disposição e, adequá-los a serviço do ensino e da aprendizagem, na perspectiva de um melhor aproveitamento e qualidade do ensino.

Cada vez mais as tecnologias estão ao alcance dos estudantes e professores. Portanto, devemos refletir sobre a importância de dominar esses recursos e utilizá-los no ensino. Entretanto, muitos educadores não incorporaram essa mudança, fazendo com que sua prática fique distante do ideal pedagógico que deve ser inserido na sala de aula contemporânea. É necessário que o professor reflita sobre a sua atuação na sala de aula como agente transmissor, motivador e transformador. Que reflita em uma nova perspectiva nas dinâmicas da sala de aula. Que se preocupe e procure capacitações e qualificações e, reconstrua continuamente sua prática, utilizando os recursos tecnológicos a seu alcance para trabalhar os conteúdos de forma mais estimuladora, prazerosa e fácil.

Há muito tempo, aulas tradicionais deixaram de ser a única opção do educador dentro da sala de aula. Elas são estáticas, fazem do estudante um agente passivo no processo. Compreendemos que as aulas devem e podem ser mais dinâmicas e que o material didático, ferramenta importante nesse processo, também. Sendo assim, acreditamos que a utilização de recursos computacionais podem contribuir para a elaboração e construção de materiais didáticos mais dinâmicos, capaz de ajudar a promover um melhor aproveitamento das aulas.

Não é de hoje que as inovações tecnológicas vêm avançando e ganhando espaço no cotidiano das pessoas, em seu meio social e, chegando à sala de aula. Delas se esperam, como de tecnologias anteriores, que sejam diminuídos alguns problemas presentes no ensino e na aprendizagem da Física. Se bem empregadas, as inovações tecnológicas ajudam a atrair a atenção dos

estudantes, a aproximar a sala de aula do seu cotidiano, das linguagens de comunicação, como também, introduzir novas questões no contexto educativo.

As ferramentas computacionais, suas múltiplas possibilidades e seus ambientes virtuais interativos e flexíveis estão ligados a um contexto de entretenimento e diversão, que passa imperceptivelmente para a sala de aula. É preciso aproveitar esta ferramenta para atrair os estudantes para os assuntos do nosso planejamento pedagógico, estabelecendo novas pontes entre essas ferramentas e outras dinâmicas das aulas.

O ensino da Física ligado a materiais com o uso de Animações Virtuais Interativas, criam ambientes de aprendizagem agradáveis e interativos, ou seja, propícios para estimular a liberdade e a criatividade dos professores e estudantes.

REFERÊNCIAS

ABRANTES JÚNIOR, J. B.; FREIRE, M. L. F. Animações virtuais interativas simples para o ensino da termodinâmica. Anais... Congresso Nacional de FEReducação. Campina Grande-PB, 18 a 20 de setembro de 2014. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/resumo.php?idtrabalho=1753>.

ALMEIDA, A. Filosofia e ciências da natureza: alguns elementos históricos. Disponível em: http://criticanarede.com/filos_fileciencia.html. Filosofia da ciência, 2005.

ALMEIDA, L. S., SOARES, A. P. C., FERREIRA, J. A. G. Adaptação, Rendimento e Desenvolvimento dos Estudantes no Ensino Superior: Construção, Validação do Questionário Acadêmico de Vivências Acadêmicas. Relatórios de Investigação. Braga. Centro de Estudos em Educação e Psicologia: Universidade do Minho, p. 3-20, 1999.

ALVES, V. C.; STACHAK, M. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. XVI Simpósio Nacional de ensino de Física-SNEF. Anais... Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP, p. 1-4, 2005.

ANDRADE, A. Ocorrência e controle subjetivo do stress na percepção de bancários ativos e sedentários: a importância do sujeito na relação "atividade física e saúde". Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2001.

Andrade, M. L. F de; Massabni, V G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. Ciência e Educação (Bauru), v.17, n.4, Bauru, 2011.

AQUINO, Ítalo de Souza. Como Escrever Artigos Científicos: sem "arrodeio" e sem medo da ABNT, 6ª ed. Rev. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB. 2009. 104p.

AZEVEDO, R. O. M. ensino de ciências e formação de professores: diagnóstico, análise e proposta. Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia. Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade do Estado do Amazonas, Manaus – AM, 2008.

BARONE, R. E. M. Educação e políticas públicas: questões para o debate. Núcleo de Gestão Pública, UNIEMP-Fórum Permanente das Relações Universidade e Empresa, 1999.

BEZERRA, D. P.; GOMES, E. C. S.; MELO, E. S. N.; SOUSA, T. C. a evolução do ensino da física – perspectiva docente. Scientia Plena. v. 5, n. 9, p. 1-8, 2009.

BIANCO, P.; AMORIM, M. Material didático em mídia: transposição de uma apostila do colégio Dom Bosco para tablete computer. p. 17 - 25. Trabalho de conclusão de curso de graduação de design gráfico – UFPR. Curitiba, 2011.

BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 24, n. 2: p. 194-223, 2007.

BONJORNO, J. R.; RAMOS, C. M.. Física história e cotidiano, volume 2: Termologia, Óptica, Ondulatória e Hidrodinâmica. Ed. FTD, São Paulo, 2003.

CARVALHO, Rosiani. As tecnologias no cotidiano escolar: possibilidades de articular o trabalho pedagógico aos recursos tecnológicos. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1442-8.pdf>.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R.. Metodologia Científica.6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAVES, E.O.C. Multimídia - Conceituação, aplicações e tecnologia. Campinas: People Computação, 1991. 327p.

CHIZZOTTI, Antonio. Pesquisa em ciências humanas e sociais. São Paulo: Cortez, 2003.

CONTI, Thomas. Discussão sobre as vantagens e desvantagens das abordagens qualitativas e quantitativas para a pesquisa. Sociedade racionalista, Unicamp, São Paulo, 01 nov. 2011. Disponível em: <<http://sociedaderacionalista.org/2011/11/01/discussao-sobre-as-vantagens-e-desvantagens-das-abordagens-qualitativas-e-quantitativas-para-a-pesquisa/>> Acesso em 17 agost. 2015.

DEFLEUR, M. L.; BALL-ROKEACH, S. J. *Theories of mass communication*. New York: Longman. 1989.

DENCKER, A. de F. M. Métodos e técnicas de pesquisa em turismo. 4. ed. São Paulo: Futura, 2000.

DENZIN , N. K.; L INCOLN , Y. S. Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In: D ENZIN , N. K.; L INCOLN , Y. S. (Ed.). Handbook of qualitative research. 2 ed. Thousand Oaks: Sage Publications, p. 1-28, 2000.

DOWBOR, L. Tecnologias do conhecimento. Os desafios da educação. Petrópolis: Vozes, 2001.

FERREIRA, M. F.; COSTA, J. J. L.; ARAÚJO, M. S. T.; OLIVEIRA, L. N. Investigação sobre fatores de sucesso e insucesso na disciplina de física no ensino médio técnico integrado na percepção de alunos e professores do Instituto Federal de Goiás – Campus Inhumas, HOLOS, v. 5; 2013.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259 - 272. set. 2003.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Apostila. Fortaleza: UEC, 2002.

FREIRE-MAIA, N. A ciência por dentro. Rio de Janeiro: Vozes, 1998.

GASPAR, A. Física, volume único. 1ª Edição, Ed. Ática, São Paulo, 2005.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOY, A. S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. Revista RAE, V.35, n.2, Abr/Mai., 1995.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. Revista de Administração de Empresa. São Paulo, v. 35, 3: 20-29, 1995b.

GONÇALVES, C. A.; MEIRELLES, A. M. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. São Paulo: Atlas, 2004.

GONÇALVES, L. J.; VEIT, E. A.; SILVEIRA, F. L. Textos, animações e vídeos para o ensino-aprendizagem de física térmica no ensino médio. Experiência em ciências, Porto Alegre, V. 1, p. 33 – 42, 2006.

González Rey, F. L. Pesquisa qualitativa e subjetividade: os processos de construção da informação. São Paulo: Thomson, 2005a.

GUTIÉRREZ MARTÍN, A. Educación multimedia y nuevas tecnologías. Madrid: Ediciones de la Torre, 1997. 286p.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. Fundamentos de Física, volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 4ª Edição, versão estendida e traduzida para o português. Ed. LTC. Rio de Janeiro, 1996.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. de F. O.; OLIVEIRA FILHO, K. de S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C.. Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências, 2009.

INSTITUTO TAMIS. Popularização da Internet: introdução ao uso de correio eletrônico e web. RNP: Rede Nacional de Pesquisa, 1997. Disponível em: http://memoria.rnp.br/_arquivo/documentos/ref0186.pdf.

JENSEN, J. F. Interactivity: Tracing a new concept in media and communication studies. vol. 19. Nordicom Review. 1998. pp. 185–204.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 1991. 270 p.

LASTRES, H.; ALBAGLI, S. Informação e globalização na era do conhecimento. Campus, 1999.

LUNA, J. N. Matemática: Metodologia da Produção do Conhecimento, Recife: UPE/NEAD, 2011.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. p. 720.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. São Paulo: Atlas, 1996. 2v.

MÁXIMO, A. R. da Luz. ALVARENGA, B. Álvares. In: Física – Coleção de olho no mundo do trabalho. A física no campo da ciência. São Paulo: Ed. Scipione. 2003.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.. Curso de Física, volume 2. 5ª Edição, Ed. Scipione, São Paulo, 2000.

MEDEIROS, A; MEDEIROS C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2 p. 77 – 86, 2002.

MENEZES, L. C. de. A matéria: uma aventura do espírito (física conceitual). Editora Livraria da Física, 2005.

MIRANDA, G. L. Limites e possibilidades das tic na educação. Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Lisboa, Revista de ciência s da educação, nº 3, maio/agosto de 2007, p. 1-10.

MORAES, M. C. o paradigma educacional emergente: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. Em Aberto, Brasília, ano 16. n.70, 1996.

MOREIRA, Marcos Antônio, Ensino de Física no Brasil: Retrospectivas e Perspectivas. Revista Brasileira de Ensino de Física. Porto alegre – RS, Vol. 22, nº 1, p. 94 – 99, março de 2000.

NARDI, Roberto. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física¹ (Memories of science education in Brazil: the physics education research). Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

NEVES JÚNIOR; A.; Santos, L. M. dos; CARVALHO, M. S. i. de. Um relato de experiência no curso de biologia EAD. Diálogos & Ciência -- Revista da Rede de Ensino FTC. n.12, 2007.

NOGUEIRA, J. de S.; RINALDI, C.; FERREIRA, J. M.; PAULO, S. R. de. Utilização do comutador com instrumento de ensino: Uma perspectiva de aprendizagem significativa. Revista Brasileira de Ensino de Física, Ciabá – MT, vol. 22, nº. 4, p. 517 – 522, dezembro de 2000.

PAPERT, S. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Capítulo 7: Instrucionismo versus construcionismo. Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 1333 - 189.

PAULINO, S. F.. Livro tradicional x Livro eletrônico: a revolução do livro ou uma ruptura definitiva. Revista hipertextus, n. 3, 2009.

PETARNELLA, L. Escolas Analógicas Cabeças digitais: o cotidiano escolar frente às tecnologias midiáticas e digitais de informação e comunicação. Campinas, SP: Editora Alínea, 2008.

PIRES, M. A. VEIT, E. A. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 241-248, 2006.

RAMALHO, F. Júnior; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. S. Os Fundamentos da Física, volume 2: Termologia, Óptica e Ondas. 8ª edição. Ed. Moderna. São Paulo, 2006.

REZENDE, F., LOPES, A. M. A., EGG, J. M. Identificação de Problemas do Currículo, do Ensino e da Aprendizagem de Física e de Matemática a partir do Discurso de Professores. Ciência & Educação, v. 10, n. 2, p. 185-196, 2004

RICHARDSON, Robert Jarry et al. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo, Atlas, 1999.

RODRIGUES, M. de F. Da racionalidade técnica à “nova” epistemologia da prática: a proposta de formação de professores e pedagogos nas políticas oficiais atuais. Tese de Doutorado em Educação, Programa de Pós-Graduação Em Educação, Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ROESCH, S. M. A. Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. da Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias v. 4, n. 1, 2005.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. da. Ensino da Física: tendências e desafios na prática docente. Revista Iberoamericana de Educación (Online), v. 43, p. 42-47, 2007.

SAKITANI, N. O mundo está em mudança: precisamos do pensamento complexo. Revista BSP, novembro. 2010

SAMARA, B. S.; BARROS, J. C. de. Pesquisa de marketing: conceitos e metodologia. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

SANTOS, J. N.; SILVA, R.T. Animações interativas como organizador prévio. Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15, 2003. Anais... Curitiba: CEFET-PR, 2003. p. 2333 – 2342

SÉRÉ, M. G., COELHO, S. M., NUNES, A. D. O papel da experimentação no Ensino da Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.

SOUSA, R. P. de; MOITA, F. M. C. da S.C., CARVALHO, A. B. G. Tecnologias Digitais na Educação. Campina Grande, PB: EDUEPB, 2011.

SOUZA, C. A., SALEM, S., KAWAMURA, M. R. D.. Um panorama da evasão e dos concluintes do curso de licenciatura em física na USP: 1997-2007. Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2009.

TAJRA, Sanmya Feitosa. Informática na Educação: novas ferramentas pedagógicas para o professor na atualidade. São Paulo: Érica, 2001.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. Ciência & Cognição, João Pessoa – PB, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. Ciência & Cognição, João Pessoa – PB, v. 13, n. 1, p. 94 - 100, 2008.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa em um ambiente multimídia. Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, n. 8, p. 551-561, 2007.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa, codificação dual e objetos de aprendizagem. Revista Brasileira de Informática na Educação, Porto Alegre–RS, v. 18, n. 2, p. 4-16. 2010.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa. Revista Conceitos, João Pessoa-PB, volume 5, número 10, página 55 – 60, junho de 2003 / junho de 2004.

TAVARES, R.; RODRIGUES, G. L.; SANTOS, J. N. do; ANDRADE, M. Objetos de aprendizagem e a construção de significados em termodinâmica. XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE - Mackenzie, João Pessoa – PB, p. 180 – 183, 2007.

TEODORO, V. D. Modelação no ensino da física: seis idéias básicas XV SNEF Simpósio Nacional do Ensino Física, 15 2003. Anais... Curitiba: CEFET-PR, 2003.

TIPLER, P., A. GENE, M. Física para cientistas e engenheiros, volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5ª edição, tradução Fernando Ribeiro da Silva, Gisele Maria Ribeiro Vieira. Ed. LTC. Rio de Janeiro, 2006.

TRENTIM, M. A. S.; PÉREZ, C. A. S.; SANTOS, Antônio Venicius dos Santos. A utilização de laboratórios virtuais na melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Anais do VIII Workshop sobre Informática na Educação – Convergências Tecnológicas – redesenhando as Fronteiras da Ciência e da Educação. Sociedade Brasileira de Computação, Florianópolis. Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Ciência da Computação, Universidade de Passo Fundo (UPF), Porto Alegre – RS, 2002.

TRIVIÑOS, A. N. S. - Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo, Atlas, 1987. 175p.

VALENTE, J. A. (Org.) O computador na sociedade do conhecimento. Campinas, SP:UNICAMP/NIED, 1999.

VALENTINI C. B., SOARES, E. M. do S. Aprendizagem em ambientes virtuais [recurso eletrônico]: compartilhando ideias e construindo cenários. Caxias do Sul, RS, Editora Educs, 2010.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, 87-92, 2002.

VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. Atlas: São Paulo, 1998. 88p.

VILLARDI, R.; OLIVEIRA, E. G. Tecnologia na educação: uma perspectiva sócio-interacionista. Rio de Janeiro: Dunya, 2005.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YIN. R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAMBRANA, J. D. et al. Tecnologías de la información en la educación. Madrid: Anaya Multimedia, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE I: AVALIAÇÕES INDIVIDUAIS



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Este material tem como finalidade ser uma ferramenta de avaliação e diagnóstico sobre a aprendizagem do conteúdo de Termodinâmica na turma do 2º período do curso superior de Tecnologia em Automação Industrial no IFPB Campus Cajazeiras. Nele consta dois modelos de avaliações. O primeiro, denominado Avaliação Individual I, será utilizado para verificar o nível de aprendizagem do conteúdo de termodinâmica mediante aulas expositivas tradicionais, e o segundo, Avaliação Individual II, para verificar o nível de aprendizagem após aulas, também expositivas, entretanto, mediante o uso de texto com imagens ilustrativas virtuais, simples, animadas e interativas, elaborado pelo autor, sobre os fenômenos abordados, a fim de verificar sobre a relevância do uso de tais meios para o ensino e a aprendizagem. Nele, tivemos a ideia de elaborar 5 questões, envolvendo conceitos e cálculos, com a finalidade de abordar a maior parte do conteúdo de forma que não ficasse muito extenso, complexo e cansativo. Tivemos também a preocupação de manter o mesmo nível de dificuldade entre as avaliações.

As questões apresentadas abaixo devem ser respondidas pelos sujeitos de pesquisa, estudantes da turma do 2º período do curso Superior de Tecnologia em AI, logo após as aulas, para servirem como verificadores de aprendizagem.

AVALIAÇÃO INDIVIDUAL I

1. Julgue as proposições abaixo e marque (V) para as que forem verdadeiras e (F) para as que forem falsas.

() O conceito de temperatura é definido apenas de modo microscópico.

() Através de experimentos foi possível alcançar temperaturas menores que o Zero absoluto.

() Entre dois corpos, a mesma temperatura, um poderá parecer mais “quente” que o outro.

() Um corpo A estar em equilíbrio térmico com outro C, e também com outro B, não implica que B e C estejam em equilíbrio térmico.

() Calor é a energia que flui entre dois sistemas em equilíbrio térmico.

2. De acordo com os conceitos estudados sobre o modelo do gás ideal, analise as afirmações abaixo e marque (V) para as que forem verdadeiras e (F) para as que forem falsas.

() Um gás é constituído por pequenas partículas chamadas moléculas.

() As moléculas são dotadas de movimento ordenado e não obedecem as leis de Newton para o movimento.

() O número total de moléculas de um gás é muito pequeno.

() O volume das moléculas é uma fração desprezível do volume ocupado pelo gás.

() Não agem forças apreciáveis sobre as moléculas.

() As colisões são elásticas e de duração desprezível.

3. A Cerca dos conceitos de trabalho realizado sobre um gás ideal e as leis da termodinâmica marque (V) para as proposições verdadeiras e (F) para as falsas.

() Nos processos onde a pressão se mantém constante o trabalho é obtido por, $W = \pm p \cdot \Delta V$.

() O trabalho é igual a quantidade de calor nos processos onde a temperatura se mantém constante.

() Em qualquer processo em isolamento térmico (processo adiabático) o trabalho é igual a variação da energia interna.

() Em uma expansão livre não há trabalho e o sistema está termicamente isolado, então a energia interna inicial e final são iguais.

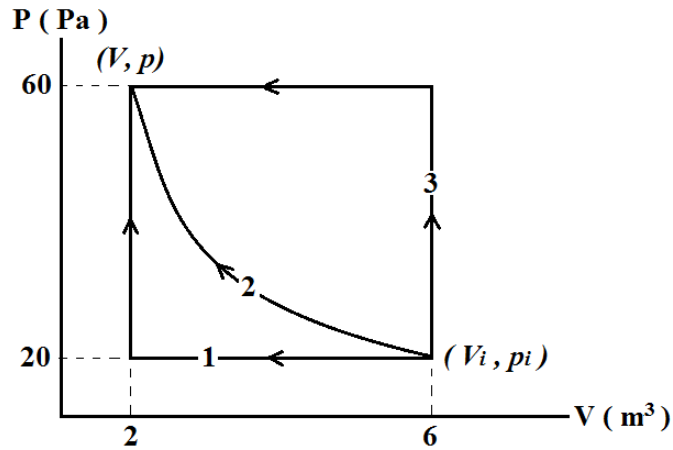
() É impossível que um sistema remova energia térmica de um único reservatório e converta essa energia completamente em trabalho sem que haja mudanças adicionais no sistema ou em suas vizinhanças.

() É possível um processo cíclico fazer o calor fluir de um corpo para outro mais quente sem que outra mudança ocorra.

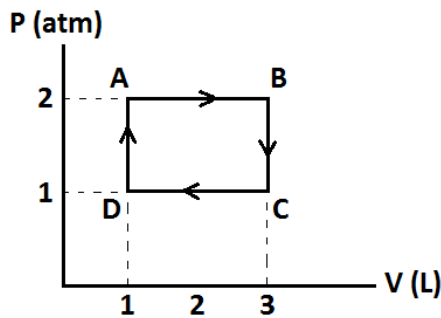
() Nenhuma máquina térmica, que opera entre dois reservatórios térmicos, pode ser mais eficiente do que uma máquina reversível que opere entre os mesmos dois reservatórios.

() É impossível construir um refrigerador que opere segundo um ciclo e produza o único efeito de extrair calor de um corpo frio e rejeitar a mesma quantidade de calor para um corpo quente.

4. Certa amostra de gás ideal, constituída de 1 mol, é comprimida desde um volume de 6 m^3 para 2 m^3 enquanto sua pressão aumenta de 20 Pa para 60 Pa. Determine o trabalho realizado ao longo dos três trajetos (1, 2 e 3) mostrados na figura abaixo.



5. Um gás ideal sofre um processo cíclico, conforme a figura abaixo, saindo do ponto A até o B, em seguida ao C e, por fim, depois de passar por D, retorna ao ponto A. No estado inicial, o gás possui um volume de 1 L e uma pressão de 2 atm. O gás se expande a pressão constante até alcançar o volume de 3 L. Depois, é resfriado a volume constante até que sua pressão atinja 1 atm. Nesse momento é comprimido a pressão constante até que seu volume seja novamente de 1 L. Depois disso, é aquecido a volume constante até retornar ao seu estado original. Calcule o trabalho total relativo ao gás, a sua variação de energia interna e o calor total recebido por ele durante o ciclo.



AVALIAÇÃO INDIVIDUAL II

1. Julgue as proposições abaixo e marque (V) para as que forem verdadeiras e (F) para as que forem falsas.

() Podemos conceituar a temperatura de modo microscópico ou macroscópico.

() O zero absoluto é uma temperatura mínima. Então deve existir uma temperatura máxima.

() Se dois corpos estão a mesma temperatura, então eles emitem a mesma quantidade de calor.

() Dois corpos em equilíbrio térmico entre si devem estar em equilíbrio térmico com qualquer outro.

() Calor é a energia que flui entre um sistema e sua vizinhança devido a uma diferença de temperatura entre eles.

2. De acordo com os conceitos estudados sobre o modelo do gás ideal, analise as afirmações abaixo e marque (V) para as que forem verdadeiras e (F) para as que forem falsas.

() Qualquer gás é constituído por um número infinito de pequenas moléculas.

() As moléculas são dotadas de movimento desordenado e em linha reta e obedecem as leis de Newton para o movimento.

() O número total de moléculas em um gás ideal deve ser muito grande.

() O volume de uma molécula de uma gás ideal ocupa um volume considerável do gás.

() Só age forças apreciáveis sobre as moléculas durante as colisões entre elas e entre elas e o recipiente.

() As colisões são inelásticas e de duração desprezível.

3. A Cerca dos conceitos de trabalho realizado sobre um gás ideal e as leis da termodinâmica marque (V) para as proposições verdadeiras e (F) para as falsas.

() Em qualquer processo em que o volume permanece constante o trabalho é nulo.

() Nos processos isotérmicos a variação da energia interna é nula.

() A primeira lei da termodinâmica está relacionada ao conceito de conservação da energia.

() Não é possível, em um processo cíclico, converter totalmente calor em trabalho sem que qualquer outra modificação ocorra.

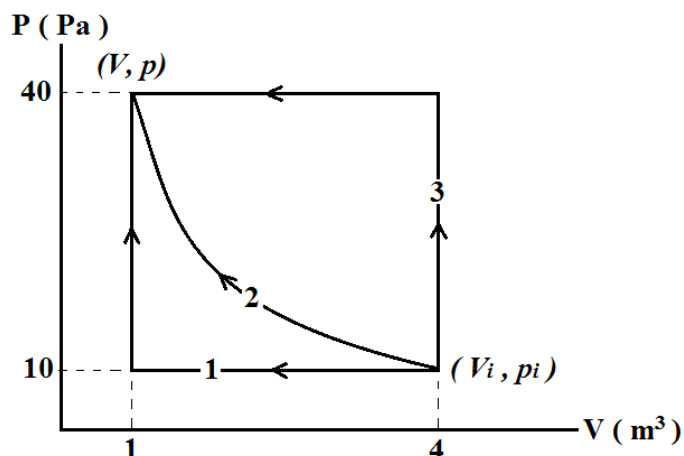
() É impossível produzir um processo cujo único resultado seja a transferência de energia térmica de um corpo mais frio para um corpo mais quente.

() Os enunciados de Clausius e Kevin-Planck, para a segunda lei da termodinâmica, se complementam.

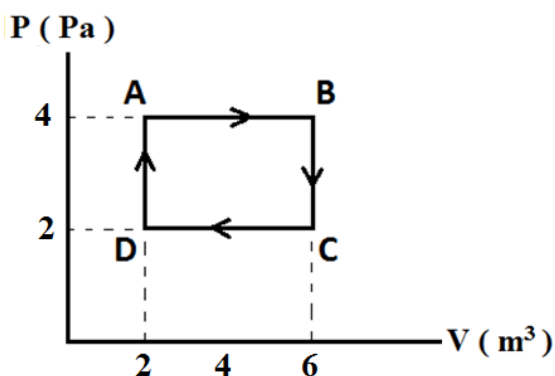
() O rendimento de qualquer máquina térmica, que opere entre duas temperaturas especificadas, não pode exercer jamais o rendimento de uma máquina térmica de Carnot que opere entre essas mesmas temperaturas.

() É impossível construir uma máquina térmica, operando em ciclos, que produza o único efeito de extrair calor de um reservatório e realizar uma quantidade equivalente de trabalho.

4. Certa amostra de gás ideal, constituída de 1 mol, é comprimida desde um volume de 6 m^3 para 2 m^3 enquanto sua pressão aumenta de 20 Pa para 60 Pa. Determine o trabalho realizado ao longo dos três trajetos (1, 2 e 3) mostrados na figura abaixo.



5. Um gás ideal sofre um processo cíclico, conforme a figura abaixo, saindo do ponto A até o B, em seguida ao C e, por fim, depois de passar por D, retorna ao ponto A. No estado inicial, o gás possui um volume de 1 L e uma pressão de 2 atm. O gás se expande a pressão constante até alcançar o volume de 3l. Depois, é resfriado a volume constante até que sua pressão atinja 1 atm. Nesse momento é comprimido a pressão constante até que seu volume seja novamente de 1 L. Depois disso, é aquecido a volume constante até retornar ao seu estado original. Calcule o trabalho total relativo ao gás, a sua variação de energia interna e o calor total recebido por ele durante o ciclo.



APÊNDICE II: GABARITO

GABARITO	
PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
01. F, F, V, F, F	01. V, F, F, F, V
02. V, F, F, V, F, V	02. F, V, V, F, V, F
03. V, V, F, V, V, F, V, V	03. V, V, V, V, V, V, V, V
04. $W_1 = -80 J$, $W_2 \cong -132 J$ e $W_3 = -240 J$	04. $W_1 = -30 J$, $W_2 \cong -55 J$ e $W_3 = -120 J$
05. $W \cong 202 J$, $\Delta E_{int} = 0$ e $Q = W \cong 202 J$	05. $W \cong 8 J$, $\Delta E_{int} = 0$ e $Q = W \cong 8 J$

APÊNDICE III. QUESTIONÁRIO



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

QUESTIONÁRIO

ATENÇÃO: O questionário é aberto para que seja respondido com liberdade. Então, não economize palavras!

1. O material apresenta um texto de linguagem simples e clara, tornando-se de fácil compreensão?
2. As imagens demoram muito para abrir, tomam muito espaço no armazenamento e são fáceis de interagir?
3. As imagens estreitam a ponte entre a teoria e o fenômeno?
4. O material didático, com Animações Virtuais Interativas, teve êxito como um instrumento capaz de facilitar o processo de ensino-aprendizagem no conteúdo de termodinâmica?

ANEXOS

ANEXO I: MATRIZ CURRICULAR DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
 CAMPUS CAJAZEIRAS
 COORDENAÇÃO DO CST EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL
FLUXOGRAMA DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

1º Semestre		2º Semestre		3º Semestre		4º Semestre		5º Semestre		6º Semestre	
11	Cálculo Diferencial e Integral	21	Equações Diferenciais	31	Máquinas Elétricas	41	Instalações Elétricas Industriais	51	Controladores Industriais	61	Redes Industriais
100		100		83		83		100		67	
12	Introdução a Automação	22	Física	32	Teoria de Controle	42	Eletrônica Industrial	52	Gestão da Produção	62	Sistema Integrado de Manufatura
17		83		83		67		67		100	
13	Português Instrumental	23	Circuitos Elétricos	33	Sistemas Digitais	43	Lab. Eletrônica Industrial	53	Automação de Processos de Usinagem	63	Manutenção Industrial
33		100		50		33		83		33	
14	Algoritmos e Técnicas de Programação	24	Lab. Circuitos Elétricos	34	Lab. Sistemas Digitais	44	Mecânica Aplicada	54	Máquinas Térmicas	64	Empreendedorismo
100		33		33		50		83		50	
15	Metrologia	25	Materiais	35	Eletrônica	45	Microcontroladores	55	Higiene e Segurança no Trabalho	65	Tecnologia Ambiental
33		67		100		83		50		33	
16	Desenho Aplicado a Automação	26	Inglês Instrumental	36	Lab. Eletrônica	46	Pneumática e Hidráulica	56	Metodologia da Pesquisa Científica	66	Trabalho de Conclusão de Curso
83		33		33		100		33		133	
17	Álgebra Linear Aplicada			37	Tecnologia Mecânica					X	Estágio Curricular
67				50						400	
CH Semestral 433		CH Semestral 416		CH Semestral 432		CH Semestral 416		CH Semestral 416		CH Semestral 466	

N	Nome da Disciplina	P	P
CH	Disciplina	C	C

C:	có-requisitos		
N:	número da disciplina	Carga horária na instituição:	2579
P:	pré-requisitos	Carga horária no estágio:	400
CH:	carga horária total	Carga horária total:	2.979

Fonte: <http://www.ifpb.edu.br/campi/cajazeiras/cursos/cursos-superiores-de-tecnologia/automacao-industrial/arquivos/documentos/Fluxograma%20-%20CST%20em%20Automacao%20Industrial.pdf>

ANEXO II: EMENTA DA DISCIPLINA FÍSICA DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA
Código da Disciplina: 22 Nome da Disciplina: Física Pré-requisitos: 11, 17 Resolução: N0 22/CD/CEFET-PB em 21.08.07 - 1 0 Reformulação Carga Horária: 83 horas aula Num. Créditos Teóricos: 5 Aulas/Semana Num. Créditos Práticos: 0 Identificação da Oferta: Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial
Ementa:
Trabalho e energia; Estática dos Corpos Rígidos; Fluidos; Termologia; Teoria dos Gases e Introdução a Termodinâmica (1ª e 2ª Leis); Ciclo de Carnot e máquinas térmicas.
Objetivo Geral:
Proporcionar ao estudante um contato sistemático com a disciplina, dando-lhe condições necessárias para usar seus conhecimentos numa perspectiva interdisciplinar aplicando-o na interpretação, compreensão, crítica, soluções de questões do cotidiano e fenômenos naturais.
Bibliografia:
<i>Básica:</i> Mosca, G.; Tipler, P;A.; Física Para Cientistas e Engenheiros, Rio de Janeiro, Editora LTC, 5a Ed., Vol. I e II, 2006. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J.; Fundamentos de Física, Rio de Janeiro, Editora LTC, 6a Ed., Vol. I e II, 2002 <i>Complementar:</i> Nussenzveig, H. M.; Curso de Física Básica: Mecânica, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 4a Ed., 2003. Nussenzveig, H. M.; Curso de Física Básica: Fluidos e Oscilações, São Paulo, Editora Edgard Blucher, 4a Ed., 2003.

Fonte: http://www.ifpb.edu.br/campi/cajazeiras/cursos/cursos-superiores-de-tecnologia/automacao-industrial/ementas/2o-periodo/2p_fisica.pdf/view