

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE**

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



MONTAGEM DE UM REFRIGERADOR DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO NOTURNO DIFERENCIADO

VANDERSON NUNES MAIA GUEDES

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Edemerson Solano Batista de Moraes, DSc

Natal, RN

Outubro de 2015

MONTAGEM DE UM REFRIGERADOR DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE
TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO NOTURNO DIFERENCIADO

VANDERSON NUNES MAIA GUEDES

Orientador:

Edemerson Solano Batista de Moraes, DSc

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Beltrano da Lagoa Funda, DSc (Presidente)

Aquele que veio de longe, DSc (Examinador Externo)

Aquele que está ao lado, DSc (Examinador Interno)

Natal, RN
Outubro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

A ser criada pela Biblioteca Central

Dedico este trabalho aqueles que fazem parte da minha vida

a minha esposa Fabiana Maia,

a meus filhos Anna Cecília e João Miguel,

a minha mãe Arlete e minha vó Maria Camelo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

A minha mãe Arlete Camelo e minha vó Maria camelo pelos incentivos e apoio aos estudos concretizando esta conquista;

Ao meu professor Edemerson Solano Batista de Moraes pelas orientações no desenvolvimento deste trabalho;

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela coordenação nacional do Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF);

A CAPES pelo fomento ao MNPEF durante todo o período de formação;

Ao IFRN Central, pela acomodação do Pólo 10 do (MNPEF);

A todos os professores do Departamento de Física do IFRN central, em especial aqueles que contribuíram com a formação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pelo comprometimento como o Ensino de Física da melhor qualidade;

Aos colegas da turma do mestrado pela amizade, união, companheirismo e as diversas trocas de experiências durante todo o curso;

Aos professores colegas de trabalho pelo incentivo e amizade;

RESUMO

MONTAGEM DE UM REFRIGERADOR DIDÁTICO PARA ABORDAGEM DE TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO NOTURNO DIFERENCIADO

Vanderson Nunes Maia Guedes

Orientador:

Edemerson Solano Batista de Moraes, DSc

Nesta proposta apresentamos um Produto Educacional que enfatiza o conceito de máquinas térmicas com a exposição de um Refrigerador Didático, como objeto de motivação para que, com a interação dos estudantes estes possam se apropriar dos conhecimentos de maneira mais profunda e significativa. A referida proposta foi aplicada no segundo semestre de 2015 em uma escola pública estadual do Rio Grande do Norte, localizada a vinte quilômetros da capital do estado, Natal. Desenvolvemos o trabalho em duas turmas de segunda série totalizando **50** alunos, numa abordagem fundamentada no referencial teórico da aprendizagem significativa de Ausubel e na teoria sócio-interacionista de Vygotsky. Para a fundamentação do docente em relação ao funcionamento do Sistema de Refrigeração, produzimos um texto de apoio como também, elaboramos e propomos uma sequência didática disposta no corpo da dissertação.

Palavras-chave: Termodinâmica, Máquinas Térmicas, Refrigerador, Física Térmica, Aprendizagem Significativa, Ensino de Física.

ABSTRACT

ASSEMBLY OF A REFRIGERATOR FOR TEACHING THERMODYNAMIC APPROACH IN HIGH SCHOOL NIGHT DIFFERENTIAL

Vanderson Maia Nunes Guedes

Advisor:

Edemerson Solano Batista de Moraes, DSc

In this proposal we present an educational product that emphasizes the concept of thermal machines with the exposure of a refrigerator Didactic, as the object of motivation for, with the interaction of students they can take ownership of knowledge of deeper and more meaningful way. This proposal was applied in the fall of 2015 in a public school in Rio Grande do Norte, located twenty kilometers from the state capital, Natal. We develop work on two classes of second series totaling 50 students, an approach based on the theoretical framework of meaningful learning of Ausubel and social-interactive theory of Vygotsky. For the reasoning of teachers in relation to the operation of the Cooling System, we produced a handout as well, elaborate and propose a didactic sequence arranged on the body of the dissertation.

.

Keywords: Thermodynamics, Thermal Machines, Fridge, Thermal Physics, Meaningful Learning, Teaching of Physics.

Sumário

CAPÍTULO 1 -	INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 2 -	REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1	A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	13
2.2	ALGUNS TRABALHOS EXPERIMENTAIS NA ESCOLA.....	14
CAPÍTULO 3 -	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Teoria da Interação Social de Lev Vygotsky.....	17
3.2	Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.....	19
CAPÍTULO 4 -	O PRODUTO EDUCACIONAL	22
4.1	O Perfil Escolar.....	22
4.2	Perfil dos alunos.....	23
4.3	Fases de Aplicação da Proposta	24
4.1.1 -	Fase I.....	25
4.1.2 -	Fase II.....	27
4.1.3 -	Fase III.....	27
4.1.4 -	Fase IV.....	28
4.4	Sobre a Aplicabilidade do Produto Educacional	28
CAPÍTULO 5 -	APLICAÇÃO DA PROPOSTA	30
5.1	Apresentação e Aplicação do Pré-Teste	30
5.2	Evolução Histórica dos Refrigeradores	32
5.3	O Circuito Frigorífico do Refrigerador Residencial	33
5.4	O Refrigerador Didático (RD) e a Eficiência Energética.....	34
5.5	A Aplicação do Pós-Teste e Avaliação do Produto Educacional.....	34
CAPÍTULO 6 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
CAPÍTULO 7 -	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO 8 -	APÊNDICES	38
APÊNDICE A -	Questionário de Avaliação dos conhecimentos Prévios – Pré-Teste.....	38

APÊNDICE B -	Texto de Apoio e Fundamentação Para o Docente	41
APÊNDICE C -	Esquemas da Estrutura Metálica acrescentar as fotos	75
APÊNDICE D -	Planilha de Custo	79
APÊNDICE E -	Tabela de Ferramentas	80
APÊNDICE F -	Questionário de Avaliação – Pós-Teste	81

Capítulo 1 - Introdução

Na sociedade moderna atual, a educação revela-se como uma necessidade cada vez maior para a formação do indivíduo capaz de compreender as mudanças sociais, econômicas e os avanços do conhecimento científico e tecnológico. Desse modo, o ensino de Física deve contextualizar os conhecimentos formalizados da ciência com os conhecimentos prévios ou experiências vivenciadas pelos alunos, as quais Ausubel define como subsunçores (MOREIRA, 1999a).

Concordando ainda com o que diz Moreira (1999b), a mente humana está constantemente ampliando o grau de organização interna e de adaptação ao meio, assim sendo, diante de novas situações capazes de causar desequilíbrios e conseqüentemente reestruturação de novas maneiras de assimilação são formadas, contribuindo para um novo equilíbrio e, aumentando seu grau de desenvolvimento cognitivo. Ele assinala ainda, para o fato de que o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve ofertar aos alunos a possibilidade de agirem, onde atividades práticas integradas à argumentação e orientação do professor criem o ambiente de produção do conhecimento.

Neste contexto, queremos sugerir uma possibilidade de se buscar um ensino de Física mais dinâmico e contextualizado com as tecnologias atuais, onde o educando possa, de forma significativa, relacionar o conhecimento formal da Física com suas aplicações no mundo tecnológico e próximo do cotidiano do estudante. *A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, objetiva garantir ao cidadão o direito ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva e social. (BRASIL, 1999. p. 54).*

Portanto, temos a expectativa de contribuir com a uma proposta que, julgamos ser relevante para o processo de aprendizagem sobre máquinas térmicas de maneira significativa e interativa, diminuindo assim, a antipatia dos alunos pelo estudo da Física, contrapondo-se aos ensino usual e tradicional centrado na memorização de fórmulas, na

utilização repetitiva de exercícios numéricos artificiais que proporcionam uma aprendizagem e que segundo Vasconcellos (1995) é muito comum o uso pelas escolas de currículos desarticulados com a realidade do estudante no que diz respeito a aplicação nas tecnologias e no cotidiano, sem preocupar-se com a interdisciplinaridade, desta maneira favorecendo uma aprendizagem de conhecimentos fragmentados.

De acordo com os aspectos expostos, este trabalho apresenta basicamente dois objetivos: uma proposta de ensino para conteúdos de Física Térmica com ênfase na apresentação do conceito de máquina térmica como tema central da termodinâmica fazendo a interface entre o conhecimento científico e o cotidiano dos alunos do ensino médio, induzindo o estudante para que possa concluir que o refrigerador doméstico, dentro de uma discussão mais ampla, também é um tipo de máquina térmica onde são aplicados os conceitos das leis da termodinâmica como conteúdos potencialmente significativos; o segundo, é oferecer aos professores do ensino médio, um material didático significativo como subsídio para preparação e montagem do Produto Educacional caracterizado pelo Refrigerador Didático (RD), nas suas aulas de Termodinâmica.

Dentre as Orientações Nacionais para o Ensino Médio, destacamos que:

É importante que os métodos de ensino sejam modificados, capacitando o aluno a responder a perguntas e a procurar as informações necessárias, para utilizá-las nos contextos em que forem solicitadas. Na escola, uma das características mais importantes do processo de aprendizagem é a atitude reflexiva e autocrítica diante dos possíveis erros. Essa forma de ensino auxilia na formação das estruturas de raciocínio, necessárias para uma aprendizagem efetiva, que permita ao aluno gerenciar os conhecimentos adquiridos (BRASIL, 2006. p.45).

A nossa proposição, portanto nesse trabalho, é utilizar o RD que poderá ser montado pelo próprio professor, obviamente com alguma habilidade no uso de ferramentas manuais e elétricas, para montagem da estrutura seguindo o roteiro das medidas disponibilizado no **Apêndice D**, além de conhecimentos técnicos sobre sistemas de refrigeração ou ainda poderá ser montado por um profissional qualificado

da área de refrigeração também respeitando o esquema de montagem, que prioriza a visualização dos componentes através da estrutura transparente de policarbonato.

Neste produto priorizamos a aplicação dos conteúdos da termodinâmica usando o refrigerador como objeto de estimulação para introdução e desenvolvimento dos conceitos com ênfase em máquinas térmicas e aprofundando a discussão para que esclareça o refrigerador como uma máquina térmica que funciona com sentido inverso em relação à máquina de Carnot.

O nosso referencial está baseado na teoria da aprendizagem significativa, sem perder tanto tempo nos conceitos de calorimetria e termologia resolvendo exercícios sobre escalas térmicas e/ou aplicando fórmulas bastante abstratas sobre dilatação térmica por exemplo e na teoria sócio interacionista que estimula a interação do aluno com outros iguais e com o objeto de estudo para apoderar-se do conhecimento.

Deste modo entendemos que essa estrutura de tópicos da Física Térmica, apresenta grande relevância na compreensão do tema norteador que sugerimos, no caso as Máquinas Térmicas e de forma singular o refrigerador doméstico.

Na atividade de utilização do RD, além da exposição é enfatizamos a aplicação dos conceitos da termodinâmica já mencionados, aplicados no aparelho como por exemplo, os processos de transferência de calor, mudança de estado físicos da matéria, leis da termodinâmica, máquinas térmicas, rendimento da máquina de Carnot, circuito da refrigeração, energia e trabalho, assim como a relação entre pressão e temperatura de um gás; também é explorado o cálculo de rendimento convertendo valores de pressão da fonte fria em temperatura, observada nos manômetros instalados no sistema e a comprovação da dependência entre pressão e temperatura.

Do modo que é destacado por Bonadiman, *et al*, (2007, p. 210) a atividade experimental proporciona aos alunos um estudo da Física de maneira mais prazerosa, intrigante, desafiadora e repleta de significados relevantes para sua formação. Estas exterioridades corroboram para criar uma imagem mais positiva da Física, despertando a curiosidade e o prazer em estudar essa Ciência, proporcionando de maneira qualitativa e quantitativa o seu aprendizado.

É oportuno ressaltarmos também, que esta proposta não limita-se a uma simples abordagem sobre o funcionamento de um refrigerador, mais também contextualiza os conteúdos correlatos da Física formal com os conhecimentos prévios que são heranças de cada indivíduo e com o âmbito histórico e evolutivo do conhecimento aplicado aos refrigeradores.

Além disso, não pretendemos apresentar uma única forma de aplicação deste produto educacional e que com adaptações às diversidades encontradas nas salas de aula pelo país, fica a critério do professor a utilização deste, de acordo com suas necessidades e particularidades do lugar.

Capítulo 2 - Revisão da Literatura

2.1 A Experimentação no Ensino de Física

Nas últimas décadas o ensino de Física na educação básica tem se destacado e vem recebendo importante atenção de profissionais da área seja pesquisadores ou docentes, assim como por gestores da Educação Pública. É fato a crescente necessidade de oferecer um ensino de qualidade e potencialmente significativo para os jovens, associado à uma demanda crescente de produção de conhecimento, tecnologia e de mão de obra qualificada para atender a atual conjuntura da sociedade brasileira. Surgem neste contexto diversas modalidades de ensino, onde as áreas que compreendem as ciências, em particular a Física, ganham grande destaque, contudo, o ensino médio é entendido como uma etapa final da formação básica do estudante, sendo assim, o ensino médio deve estar balizado em formar o estudante em um enfoque que relacione o pensamento, a capacidade de resolver problemas, as relações interpessoais e os entendimento dos fenômenos envolvidos nos processos do cotidiano

Diante de um novo contexto social e cultural, a reformulação do ensino médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996, as Diretrizes do Conselho Nacional de Educação 1998 e os Parâmetros Curriculares Nacionais, buscam atualizar a educação brasileira, ampliando o percentual da população jovem brasileira que conclui a educação Básica, como reza os PCNs;

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico (BRASIL, 2000)

Neste sentido, o aluno deve ser formado visando a sua integralidade, ou seja, uma formação mais geral em oposição às específicas e de cunho meramente propedêutico ou simplesmente para a inclusão no mercado do trabalho. A meta da formação ao final do ensino médio, que segundo a LDB é uma fase conclusiva na formação básica do indivíduo, é que o formando tenha adquirido os conhecimentos básicos e as habilidades necessárias para a utilização das diferentes tecnologias e linguagens relativas às ciências, no caso Física, e ao conhecimento formal em geral.

Nesta perspectiva, o ensino através de experimentação mostra-se como uma ferramenta importante para diminuir o abismo entre o conhecimento abstrato e propedêutico e uma aprendizagem verdadeiramente significativa e consistente. Como afirmam ARAÚJO e ABIB (2003), declarando que a utilização de atividades experimentais como estratégias para ensino de Física é indicado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas e eficazes para se aprender ciência. Assim, o ensino de Física tem se desenvolvido numa perspectiva de diminuir esse grau de abstração existente no entendimento dos fenômenos da natureza. No entanto, como constataram (PENA e FILHO. Revista Brasileira de Educação em Ciências, 2009. Vol 9) [...] essas propostas ainda se encontram distantes dos trabalhos realizados em grande parte das escolas.

Seguindo nesta direção acreditamos que o estudo da Física pode, e deve ser mais instigante e estimulante para os jovens e que, de fato, possa contribuir com essa formação integral e globalizada de um cidadão crítico e que possa interferir na sua realidade. Portanto, concordando na potencialidade de aprendizagem e por confiarmos na eficácia da experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de Física, como fundamentado na próxima sessão.

2.2 Alguns Trabalhos Experimentais na Escola

Para Araújo e Abib (2003) a experimentação no ensino de Física desempenha um papel muito importante no processo de ensino aprendizagem, e revelam as

tendências das propostas formuladas pelos pesquisadores. Destaca ainda, que as atividades experimentais de investigação, verificação ou demonstração são recurso de grande valia por tornar o processo de ensino de Física mais significativo, estimulante e realista para os estudantes, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades, capacidade de reflexão e de verificação, questionamento dos modelos físicos, assim como, efetuar generalizações.

Concordamos com Pena e Filho (2003) que afirma ser pequena a repercussão das novas propostas curriculares de âmbito escolar, praticadas no nosso País, que levam em consideração as concepções prévias dos alunos, as metodologias aplicadas e os resultados obtidos nesse processo, de modo como atestam as críticas constantes na literatura, destarte em CARVALHO E VANNUCHI, 1996; OSTERMANN E MOREIRA, 2001 et al.

Nesse sentido, Souza (2011) apresentou quatro propostas experimentais de demonstração e verificação sobre ondas mecânicas onde destacou, entre outros fenômenos, que o estudo das ondas sonoras tem um excelente potencial pedagógico, muito embora, segundo ele, não tenha um aprendizado simples. Acreditando numa abordagem significativa para a aprendizagem, criticou o uso de experimentos em laboratórios típicos, em que as atividades são estruturadas e guiadas sem serem direcionadas aos interesses prévios dos estudantes, que consideram os conhecimentos prévios. Na ocasião, trabalhou com programas de computador para diagnosticar e verificar as concepções dos estudantes para alguns fenômenos sobre ondas mecânicas e fazendo uso de uma abordagem investigativa, estimulou os alunos a calcularem a velocidade de um corpo em movimento utilizado o efeito Doppler.

Do mesmo modo, Silva (2011) também fazendo uso de experimentação para determinar quais as noções prévias dos alunos mais se aproxima dos conceitos científicos formais sobre origem e propagação sonora. Propôs uma série de atividades experimentais para enfrentar as dificuldades dos alunos em compreenderem a concepção de propagação sonora. Concluiu que essas concepções são mais comuns do que imaginamos e que se repetem em pesquisas apresentadas em estudantes brasileiros de modo semelhantes às encontradas por alunos de outros países, demonstrando uma

complexidade sobre o assunto e que demanda ainda muita pesquisa para entender um fenômeno tão comum na população.

Já para Lima (2012), a contextualização para o conteúdo de Física Térmica no Ensino Médio, propôs atividades de construção de um psicrômetro, relacionando com o problema do conforto térmico nas residências. Durante o trabalho dele, são desenvolvidas atividades manuais, e de coleta e análise de dados, tanto qualitativa como quantitativamente. Portanto, conclui que este tipo de atividade desenvolve nos alunos habilidades e competências que o instruem e os instrumentalizam para que os indivíduos usufruam de forma consciente da linguagem científico-tecnológica, simultaneamente, proporcionam aos professores a possibilidade de formar cidadãos capazes de interagir na realidade.

Por fim, Adiers, Reolon e Marcante (2011) construíram uma bancada didática para auxiliar alunos no entendimento do funcionamento de refrigeradores e ar condicionado. A proposta possibilita a simulação, através do acionamento de chaves seletoras, com o objetivo de conduzir os alunos para relacionar o aumento das pressões com o conseqüente aumento das temperaturas de implicando em um maior consumo do equipamento. Segundo os autores, o professor que fizer uso desse aparato experimental, certamente conduzirá seus alunos a compreenderem os fenômenos físicos envolvidos nos sistemas de máquinas frigorífica, no caso os condicionadores de ar.

Como pudemos perceber, nos diversos trabalhos descritos acima a introdução de atividades práticas provocam nos alunos diversos sentimentos como curiosidade, motivação, estímulo e permitem ações de debates, mudanças conceituais profundas e significativas, interação social, desequilíbrio do conhecimento prévio e acomodação do conhecimento formal e científico.

Nessa percepção, a atividade experimental se torna uma ferramenta potencialmente eficaz, para o processo de ensino e aprendizagem, quando aplicada de maneira planejada e executada a partir de uma metodologia e objetivos claros, sempre enfatizando a aprendizagem dos alunos.

Capítulo 3 - Referencial Teórico

O nosso trabalho tem como referencial teórico as teorias da aprendizagem de Lev Semenovitch Vygotsky e de David Ausubel, que são as que mais se aproximam da nossa proposta para o ensino e para uma aprendizagem no que se refere ao tema por nós abordado nesse trabalho.

3.1 Teoria da Interação Social de Lev Vygotsky

Inicialmente, Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934), tinha por objetivo de suas pesquisas a criação artística e somente a partir de 1924 é que sua carreira muda drasticamente, passando a dedicar-se a psicologia evolutiva, educação e psicopatologia. Foi o pioneiro em sugerir mecanismos pelos quais a cultura torna-se parte da natureza e de cada pessoa ao insistir que as funções psicológicas são um produto de atividades cerebrais.

De acordo com os seus trabalhos, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros e com o próprio meio. E que a interação entre indivíduos possibilita a geração de novas experiências e conhecimento, portanto, a aprendizagem é uma experiência social, mediada pela utilização de instrumentos e signos, de acordo com os conceitos utilizados, como também, mediada pela linguagem e a ação.

A educação não se resume à aquisição de um conjunto de informações; segundo Vygotsky, ela é uma das fontes de desenvolvimento e ela própria pode ser definida como o desenvolvimento artificial de uma criança.

A educação pode ser definida como sendo o desenvolvimento artificial da criança. [...] A educação não se limita somente ao fato de influenciar o processo de desenvolvimento, mas ela reestrutura de maneira fundamental todas as funções do comportamento (VYGOTSKY, 1984).

Vygotsky discordava de Piaget que dizia que as crianças dão sentido as coisas principalmente através de suas ações com o ambiente. Nos trabalhos de Vygotsky ele destacava a valorização da cultura e do contexto social, que acompanha o crescimento da criança, servindo de guia e ajudando no processo de aprendizagem. Ele partia da ideia que a criança tem necessidade de atuar de maneira eficaz e com independência e de ter a capacidade para desenvolver um estado mental de funcionamento superior quando interage com a cultura. A criança tem um papel ativo no processo de aprendizagem, entretanto, não atua sozinha, diferente do que pregou Piaget.

De acordo com Vygotsky, os conteúdos dos programas educacionais são de grande importância, porém, enfatizava os aspectos estruturais e instrumentais desses conteúdos. A existência da escola implica numa estruturação do tempo e do espaço e está baseada num sistema de relações sociais entre alunos e professores, entre alunos e alunos, entre o estabelecimento de ensino e o meio ambiente, etc. conseqüentemente os efeitos da escolarização são os resultados desse ambiente escolar. “Um problema deve surgir, que não possa ser solucionado a não ser que pela formação de um novo conceito (Vygotsky, 1962; apud Schutz)”.

Para ocorrer aprendizagem, a interação social deve acontecer dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que é a distância entre os conhecimentos prévios do sujeito e o conhecimento formal; e o potencial para aprender do indivíduo. Dessa forma, o aprendizado ocorre no intervalo da (ZDP), onde o conhecimento formal é aquele que o sujeito é capaz de aplicar sozinho, e o potencial é aquele que ele necessita do auxílio de outros para poder aplicar.

[...] Essa diferença entre doze e oito ou entre nove e oito, é o que nós chamamos a zona de desenvolvimento proximal. Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1991. p. 56)

Segundo essa teoria de aprendizagem interacionista proposta por Vygotsky, há uma ênfase no processo histórico-social e o papel da linguagem no desenvolvimento do

indivíduo. Para ele a principal questão é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio. O sujeito como um ser interativo, pois adquire conhecimentos a partir das relações intra e interpessoais e pela troca com o meio, a partir de um processo que ele denominava mediação.

Na escola onde se busca formalizar o pensamento humano através da estruturação cognitiva dos conhecimentos das diversas áreas como linguagens e científicos obedecendo ao estabelecido de modo padrão, cabe ao professor ser o mediador utilizando estratégias que levem o aluno a tornar-se independente e estimule o conhecimento potencial, de modo a criar uma nova ZDP a todo o momento.

Dentre as diversas possibilidades uma delas é estimular trabalhos em grupos utilizando técnicas para motivar e facilitar a aprendizagem, permitindo que este aluno construa seu conhecimento em grupo com a participação ativa e cooperação de todos os envolvidos, sempre orientando para possibilitar a criação de ambientes de participação, colaboração e constantes desafios.

3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Paul Ausubel (1918) nasceu em New York. As propostas para a aprendizagem de Ausubel conhecida como a teoria da assimilação ou A Teoria da Aprendizagem Significativa, que em alguns pontos se assemelham como as de Piaget em outros são bastante distintas, esta é uma teoria cognitivista, e procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Ele acreditava no valor da aprendizagem por descoberta, mas volta a valorizar a aula do tipo expositiva.

Para David Ausubel, o indivíduo estrutura e relaciona o conhecimento com o propósito de integrá-lo à sua pré-existência e a estrutura cognitiva, define-se através dos subsunçores. Subsunçores são os elos entre as ideias já existentes e os novos conhecimentos que serão interiorizados a cultura do aprendiz. Ainda de acordo com Ausubel, esse modo de aprendizagem é conceituado como Aprendizagem significativa,

onde a reorganização dos saberes se estabelece através da acomodação dos novos conhecimentos em consonância com os seus subsunçores (MOREIRA, 1999a).

A incorporação de novos conhecimentos aos pré-existentes, pode ser promovendo uma reformulação dos subsunçores, permitindo que os estudantes ampliem a capacidade de relacionamento e de agregação de novos saberes e com os seus significados. Porém, na ausência, a utilização de organizadores prévios como instrumentos de introdução de conceitos favorecem o desenvolvimento das condições favoráveis a futuras aprendizagens.

Para Ausubel só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos e que o professor através de sua prática pedagógica é o responsável, em tornar a aprendizagem significativa para o sujeito, adicionando os organizadores prévios, transformando o aprendiz num agente do processo por meio da evolução progressiva das ideias que se estabelecem por meio das concepções dos alunos.

A aprendizagem significativa tem lugar quando as novas ideias vão se relacionando de forma não-arbitrária, substituindo outras previamente existentes. Essa aprendizagem também precisa ser substancial, o que quer dizer que quando ocorre o aprendizado desta forma o aluno é capaz de explicar com suas próprias palavras, significando que o aprendiz aprendeu o sentido e o significado do conteúdo ensinado.

Se opondo a aprendizagem significativa temos àquela mecânica. Neste caso, as novas ideias não se relacionam de forma lógica e clara com nenhuma ideia já existente na estrutura cognitiva do sujeito, mas são decoradas sendo armazenadas de forma arbitrária o que não garante a sua longevidade.

Em alguns momentos os trabalhos de Ausubel se aproximam dos de Piaget, em outros distorcem completamente, por exemplo, Piaget enfatizava a aprendizagem por descoberta como a ideal. Ausubel não só propõe o inverso para o contexto da sala de aula, como alerta para o fato de que ambas podem ser mecânicas. Isso aconteceria, por exemplo, caso as relações entre as ideias pré-existentes na estrutura cognitiva e esta nova que se está tentando aprender não possuísse relações lógicas e claras para o aluno.

O modo de apresentar um novo conteúdo, uma nova situação problema ou objeto de estudo pode influenciar decisivamente sobre o êxito de suas pretensões ou a real relevância que esta ganhará. É muito comum nas escolas incumbirmos ao livro didático a tarefa de transmitir “verdades e certezas absolutas”- grifo nosso - (MOREIRA, 2005), de modo que poda a riqueza da diversidade de aspectos observacionais e que materiais diversificados como jornal, artigos, poesias, filmes, reportagens, peças teatrais, em fim, uma série de possibilidades que, devidamente selecionadas para o objetivo almejado, favorecem o aluno se predispor a aprender e adotar uma postura crítica perante o que está fazendo.

O professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. Acrescenta-se a isso o fato que o professor é também um preceptor e o que ensina é fruto de suas percepções. Quer dizer, a comunicação só será possível na medida em que os dois preceptores, professor e aluno no caso, buscarem perceber de maneira semelhante os materiais no caso, buscarem perceber de maneira semelhante os matérias educativas do currículo (MOREIRA, 2005).

Neste contexto, torna-se imprescindível a utilização de um currículo adaptado à realidade dos alunos, a utilização de material didático compatível com a linguagem acessível e com intensa interação pessoal, é fundamental que o êxito do trabalho. Cabe destacar que não se trata de pensar em um ensino simplista ou algo semelhante, mas sim, propiciar condições iniciais para que o processo de aprendizagem possa progressivamente se desencadear.

Capítulo 4 - O Produto Educacional

Neste capítulo iremos fazer uma abordagem referente a proposta apresentada como um produto educacional o Refrigerador Didático, concebido para aplicação no ensino de Termodinâmica, juntamente com um texto de referencia para o professor que fará uso do referido produto.

4.1 O Perfil Escolar

A nossa proposta foi aplicada em duas turmas da segunda série do Ensino Médio regular, no turno noturno da Escola Estadual de Ensino Médio do Conjunto Amarante, em São Gonçalo do Amarante, localizada a vinte quilômetros da capital do Rio Grande do Norte, durante o segundo semestre de 2015.

A Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Rio Grande do Norte (SEEC-RN) implantou uma proposta curricular específica para o trabalhador estudante que busca por educação na rede pública do Estado no turno noturno, possibilitando para estes alunos a permanência na escola, assim como, o seu desenvolvimento, a formação para vida e para o trabalho com ênfase na reformulação curricular para este turno de ensino, focalizando nas peculiaridades dos estudantes deste turno, conforme previsto no Art. 4º inciso VI da LDB nº 9.394/96 que assegura como dever do Estado a “oferta de ensino noturno regular, adequado às condições do educando”.

Esta proposta curricular separa as disciplinas em blocos e são ofertadas de forma invertida às turmas em períodos com duração de dois bimestres. Durante cada período os alunos estudam no Bloco I - Português, Matemática, Geografia, Educação Física, Espanhol, Inglês, Artes, História, Filosofia, Sociologia e Formação para o Trabalho; no Bloco 2 - Português, Matemática, Geografia, Formação para o Trabalho, Biologia, Química e Física. Ao fim do Período as disciplinas são oferecidas de modo cruzado, ou seja, turmas que estudaram as disciplinas do Bloco I assistirão às do Bloco II e vice-versa.

Assim, a concepção assumida de currículo nesta implementação de acordo com a SEEC-RN, tenta superar a ideia de currículo rígido atrelado a visão de conteúdos abordados de forma fragmentar. Ao instrumentalizar a proposta percebeu-se êxito, uma vez que a organização semestral por bloco aumenta o tempo de convívio entre aluno e professor, possibilitando assim um melhor acompanhamento no processo de ensino aprendizagem pelos docentes, embora haja uma aumento da carga de atividades, consequência de ter dobrado a carga horária semanal do professor da disciplina a quantidade de matérias estudadas é reduzida.

4.2 Perfil dos alunos

Desenvolvemos as atividades propostas neste trabalho, juntamente com 50 alunos distribuídos em duas turmas de segunda série no turno da noite. Os estudantes que participaram possuíam faixa etária entre 17 e 35 ano, com perfil sócio econômico de média e baixa renda, oriundos dos bairros circunvizinhos ao estabelecimento escolar e até de alguns municípios próximos.

Uma particularidade destes estudantes é o fato de trabalharem durante o dia seja com vínculo empregatício, em atividades econômicas autônomas ou em atividades do lar. Neste contexto social, para uma parcela considerável a única opção de horário para estudarem é durante o período noturno, o que representa um percentual em torno de 78% do grupo analisado, apenas alguns não desempenham nenhuma atividade laboral diurna, nessa configuração a atividade do professor torna-se um desafio por ser um grupo bastante heterogêneo.

Quanto a apresentação da proposta de ensino para os alunos, estes se mostraram bastante receptivos e dispostos a colaborar com as atividades. Igualmente durante o desenvolvimento da proposta, mostraram-se bastante assíduos e com facilidade em trabalhar em grupos discutindo sobre os questionamentos levantados durante a exposição.

Pudemos observar também, que mesmo empiricamente houve um aumento gradativo do interesse dos estudantes quanto a motivação e a participação dos alunos às aulas que se sucederam as atividades com o nosso produto educacional. Quando perceberam que os conteúdos da termodinâmica abordados eram interessantes para o entendimento de algo do cotidiano deles, nesse caso, o estudo de máquinas térmicas relacionando com o nosso produto educacional, o Refrigerador, que foi utilizado para materializar o objeto de estudo e assim ampliar as possibilidades de uma aprendizagem mais profunda e potencialmente significativa.

4.3 Fases de Aplicação da Proposta

Levando em consideração o nosso referencial teórico baseado nas teorias da aprendizagem de Lev Vygotsky e David Ausubel, este produto educacional foi desenvolvido para o ensino da termodinâmica, com ênfase na abordagem de máquinas térmicas como eixo principal desse conteúdo de estudo. Esta proposta, ao mesmo tempo em que se afasta da metodologia tradicional, normalmente adotada nas escolas, se apresenta como objeto motivacional objetivando o estudo da Física de maneira mais prazerosa e atrativa aos alunos.

Trabalhamos com os alunos em cinco encontros de 80 minutos cada. A nossa sugestão é que antes da aplicação do nosso produto educacional, o Refrigerador Didático, sejam trabalhados com os alunos os conceitos de Calor, Energia e Trabalho, de modo a criar os subsunçores necessários para ancorar os conhecimentos sobre máquinas térmicas que serão estudados.

No nosso caso, começamos o estudo da termodinâmica retomando o conceito de energia como algo necessário para colocarmos um corpo em movimento, considerando que este conteúdo tenha sido estudado na primeira série. A explanação é conduzida de modo a generalizarmos a ideia de que a energia altera o estado de movimento de um corpo, instigamos indagações do tipo;

a) Como explicar o movimento da válvula de uma panela de pressão fechada, durante o cozimento de um alimento no fogão?

ou ainda;

b) Por que ao batermos uma pequena chapa de ferro com um martelo verificamos que a mesma fica aquecida?

c) Como explicar o aquecimento das mãos, quando esfregamos uma na outra?

Claramente, nas situações acima o Calor é um personagem relevante e tem papel importante para responder as questões, de modo a conduzirmos os alunos a compreenderem que o Calor tanto gera movimento, como movimento pode gerar Calor. Sendo assim, considerando a generalização levantada inicialmente sobre a Energia é possível relacionar Calor como uma forma de Energia e daí retomarmos o teorema Trabalho-Energia. Notadamente, conduzimos a discussão numa abordagem exclusivamente fenomenológica, sem levar em consideração, pelo menos neste primeiro instante, as formulações matemáticas por julgarmos ser mais importante o entendimento dos conceitos em detrimento da fixação e aplicação de formulações matemáticas.

A partir disso dividimos o processo em cinco fases.

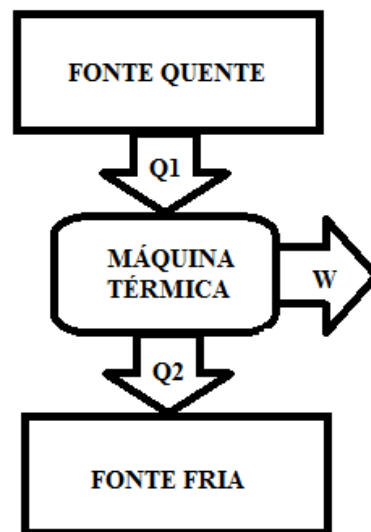
4.1.1 - Fase I

Nos primeiros 15 minutos de aula, fizemos a exposição do Refrigerador Didático, porém, antes de qualquer explanação do conteúdo ou comentários, aplicamos o questionário de motivação e provocação que se encontra no **Apêndice A**, na forma de um Pré-Teste, com o objetivo de levantarmos os conhecimentos prévios dos aprendizes em relação aos componentes do aparelho, suas funções e transformações físicas que ocorriam em cada caso. Também queríamos diagnosticar o quanto os alunos reconhecem e conseguem relacionar o produto educacional com o refrigerador real.

Após a aplicação do Pré-Teste, demos início a abordagem do assunto sobre Máquinas Térmicas questionando sobre o que é uma máquina desse tipo? Qual o princípio de funcionamento? Como se dá o fluxo do calor nestas máquinas? e em que

contexto histórico se deu o seu desenvolvimento? Como se estabeleceu a 1ª Lei da Termodinâmica?

Durante esta exposição é apresentado ao aluno um esquema de funcionamento de uma máquina térmica para uma melhor visualização e compreensão da segunda Lei da Termodinâmica, como segue:



De maneira proposital, nos últimos cinco minutos, após ensinar o princípio de funcionamento das máquinas térmicas, levantamos as seguintes perguntas para os alunos:

- Um Refrigerador funciona como uma máquina térmica?
- Onde localiza-se as fontes quente e fria em uma geladeira residencial?
- O fluxo de calor numa geladeira é o mesmo da máquina apresentada?
- Que transformações físicas ocorrem, para a geladeira desempenhar o seu papel com eficiência?

Essas perguntas são introduzidas nesse momento para criar nos alunos a curiosidade, aumentar o interesse e como estímulos para que tenham interesse em vir às próximas aulas e descobrir as respostas. sobre a explicação sobre o funcionamento das geladeiras.

4.1.2 - Fase II

Aproveitando o contexto do assunto, abordamos tópicos da história da criação e evolução dos refrigeradores e a aplicação do conhecimento no Refrigerador como um Exemplo de máquina térmica com a finalidade de introduzir de maneira sucinta os processos de trocas envolvidas no mesmo e relacionando as diferenças com as máquinas de vapor. Nessa explanação fizemos o uso do texto de apoio que disponibilizamos no (Apêndice B). É oportuno salientarmos que no texto de apoio, procuramos relacionar o refrigerador como um exemplo de aplicação dos conceitos da termodinâmica.

No referido texto também esclarecemos o princípio de funcionamento do refrigerador residencial e o funcionamento de cada componente de maneira isolada, para que o docente tenha uma visão mais ampla sobre o assunto e, assim, possa discutir de forma segura, juntamente com os alunos dúvidas que possam surgir durante a aula.

4.1.3 - Fase III

Nesta Fase, o Refrigerador Didático foi mais uma vez exposto e nos primeiros dez minutos dessa, retomamos os questionamentos feitos ao final da Fase II, parar agora de maneira definitiva, demonstramos o funcionamento de um refrigerador e para isto fizemos o uso de uma animação que está disponível na Internet através do site <http://embraco.com/Default.aspx?tabid=127>.

Essa animação mostra de forma lúdica e autoexplicativa o funcionamento do refrigerado descrevendo o percurso feito pelo fluido (gás) refrigerante no interior do sistema frigorífico, ou seja, qual a sequência de componentes que o gás segue para conseguir remover calor da Fonte Fria – interna que é o congelador – para a Fonte Quente – externa o condensador – sendo portanto, contrário ao sentido natural das trocas térmicas previstos nos enunciados da Primeira Lei da Termodinâmica.

Indagando os alunos sobre o que acontece no interior do congelador (resfriamento dos alimentos), conseguimos questioná-los em relação para onde foi o calor absorvido no congelador, e também que seria o responsável em receber o calor e

por rejeitá-lo obviamente, enfim, como é possível um fluxo de calor contrário ao fluxo natural? Uma expectativa de resposta é de que, se o calor não pode ser destruído no congelador ele deve ser rejeitado no condensador, sendo transportado pelo gás que é condicionado ao trabalho (w) realizado pelo motor, à custa de energia elétrica.

4.1.4 - Fase IV

Nesta última Fase Aplicamos o questionário de avaliação constante no (apêndice F) agora na forma de um Pós-Teste. No entanto, para uma verificação significativa do aprendizado, mantivemos as mesmas respostas porém reformulando as perguntas no intuito de verificarmos o nível de aprendizagem em relação ao Pré-Teste motivacional aplicado na Fase I e, assim, fazemos a análise dos resultados obtidos quanto a eficácia do produto como instrumento de ensino.

4.4 Sobre a Aplicabilidade do Produto Educacional

A proposta que apresentamos neste material para o ensino de Física Térmica, foi aplicada numa escola pública da periferia da grande Natal, com todos os problemas sociais que sobrecarregam os alunos que procuram a escola pública, discussão que não cabe no momento. Todavia, a nossa preocupação foi sempre proporcionar um ensino de qualidade apresentando objetos de estudos para que os educandos desejem apodera-se do conhecimento formal, fazendo com que eles saiam de suas zonas de acomodação e, assim, provoquemos neles um desequilíbrio epistemológico para em seguida acomodá-los em novos conceitos adquiridos a partir da abordagem de uma aprendizagem significativa como reza as teorias de Vygotsky e Ausubel, não necessariamente nessa ordem.

Com relação a montagem do produto, o Refrigerador Didático, é importante salientar que o professor que desejar fazê-lo é necessário possuir além de criatividade e curiosidade, persistência, habilidades com o uso de ferramentas manuais e elétricas,

assim como, conhecimentos técnicos em refrigeração. Caso contrário, a montagem e instalação do sistema e a aplicação da carga de gás, pode ser facilmente feito por um profissional habilitado da área (técnico em refrigeração).

Destacamos também, a possibilidade de aquisição de materiais de baixo custo para montagem do RD. Podemos encontrar em equipamentos em desuso nas próprias instituições de ensino ou em sucatas das oficinas do ramo, numa forma de reduzir o custo final do produto, como em geladeiras antigas e/ou bebedouros.

É notório que o uso do Refrigerador Didático pode facilitar o entendimento de diversos conteúdos de Física Térmica, inclusive, diga-se de passagem, praticamente todo o módulo de termodinâmica poderia ser abordado como o uso do mesmo, porém, sugerimos que não o façam para não se tornar cansativo e repetitivo para o aprendiz tornando-se uma rotina enfadonha e talvez com pouca contribuição para o processo de aprendizagem o que descaracterizaria o objeto do RD.

Sabemos que na maioria das vezes estes conteúdos são trabalhados de maneira desarticulada como a realidade do estudante, contribuindo para uma concepção de que a ciência estudada na escola não tem influência ou relação com o seu cotidiano.

Sendo assim, são diversas as possibilidades de utilização deste produto educacional como ferramenta para o ensino de Física Térmica tanto como observação, como objeto motivacional para o desencadeamento de curiosidades, indagações e questionamentos por parte dos alunos, sendo um mote perfeito para o professor iniciar a abordagem dos conteúdos nas suas aulas.

Produzimos um texto de apoio que oferece diversos temas que julgamos serem extremamente relevantes ao tema central, no caso a Termodinâmica, e que são pouco explorados nos livros didáticos. Por isso, nos restringimos apenas ao que se refere ao contexto histórico da evolução dos refrigeradores, ao funcionamento do circuito frigorífero, às concepções sobre o calor e a eficiência energética.

Em fim, acreditamos que esta proposta trata-se de um instrumento aberto e passível de adequações aos objetivos de seu uso. Daí, sugerimos que o professor ao fazer uso desta proposta, faça as devidas adaptações aos seus planejamentos, inclusive

modificando os objetivos aqui apresentados para promoverem aos seus alunos um ensino potencialmente significativo.

Capítulo 5 - Aplicação da Proposta

Descreveremos neste capítulo as atividades desenvolvidas durante as Quatro Fases de aplicação do produto educacional em questão, a metodologia e os recursos áudio visuais utilizados em sala de aula e o acompanhamento da evolução da aprendizagem dos estudantes através da análise dos resultados obtidos pela aplicação dos questionários do Pré e do Pós-Teste.

5.1 Apresentação e Aplicação do Pré-Teste

No nosso primeiro encontro da Fase 1 expusemos o RD e sem nenhuma explicação inicial discutimos sobre a aplicação de uma atividade que necessitaria do empenho e participação ativa de todos, muitos alunos expressaram disponibilidade para contribuir e curiosidade para conhecer o produto verbalizado. Porém, nem todos tiveram a mesma reação, alguns demonstraram preocupação com o novo e até tiveram receio de que deveria acontecer nos próximos encontros, pedindo até que o professor não aplicasse o questionário por medo de não saberem responder. O fato é que o desconhecido provoca no ser humano alguns sentimentos como a desconfiança, sentimentos de angústia, apreensão e curiosidade, especialmente em um contexto escolar o que de certo modo favorece uma postura defensiva dos alunos.

Contudo, ao ponderarmos sobre a possibilidade de conhecer algo novo e ao mesmo tempo compreender as tecnologias que utilizamos atrelados aos conteúdos estudados na escola, conseguimos através do diálogo “acalmar” os ânimos e mostrar que não tinham o que temer. Passado o estado inicial, de euforia que se instaurou, o diálogo mantido de maneira recíproca se consolidou e, assim, demos o primeiro passo

para a efetivação do processo de ensino aprendizagem, ao qual se propõe este produto educacional.

Ato contínuo, solicitamos que os alunos que de forma espontânea respondessem ao questionário de motivação na forma de um Pré-Teste com a finalidade de sondar os conhecimentos prévios de cada um a respeito de temas relacionados com a física térmica, com ênfase aqueles aplicados as máquinas térmicas e, também avaliar se havia uma relação entre o produto educacional como o equipamento “real”. Para isso, dispusemos o RD na frente da sala para que todos tivessem uma boa visualização (**APENDICE 2**) fato que tomou aproximadamente 15 minutos da aula.

Como critério de comparação dividimos a análise por turmas, chamando portanto de Turma 1 e Turma 2, segue abaixo os resultados deste Pré Teste dispostos abaixo.

A Turma 1 caracteriza-se por ter uma média de idade menor em torno de vinte anos, e a Turma 2 uma média de 32 anos, portanto a primeira bem mais jovem em média do que a segunda. Após aplicação do Pré-Teste obtivemos os resultados a seguir:

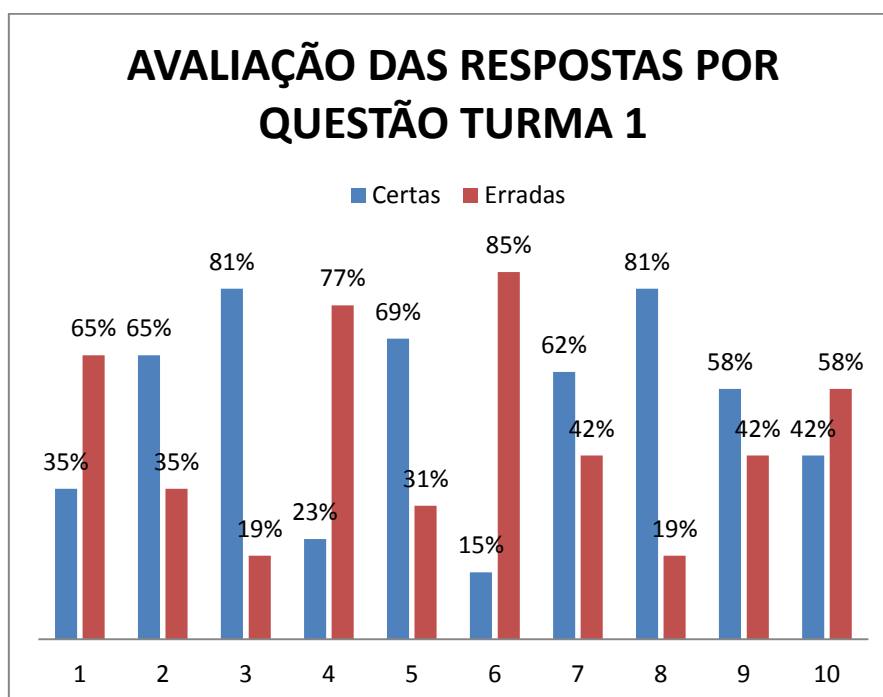


Gráfico 1: Índice de acertos e erros dos alunos da Turma 1

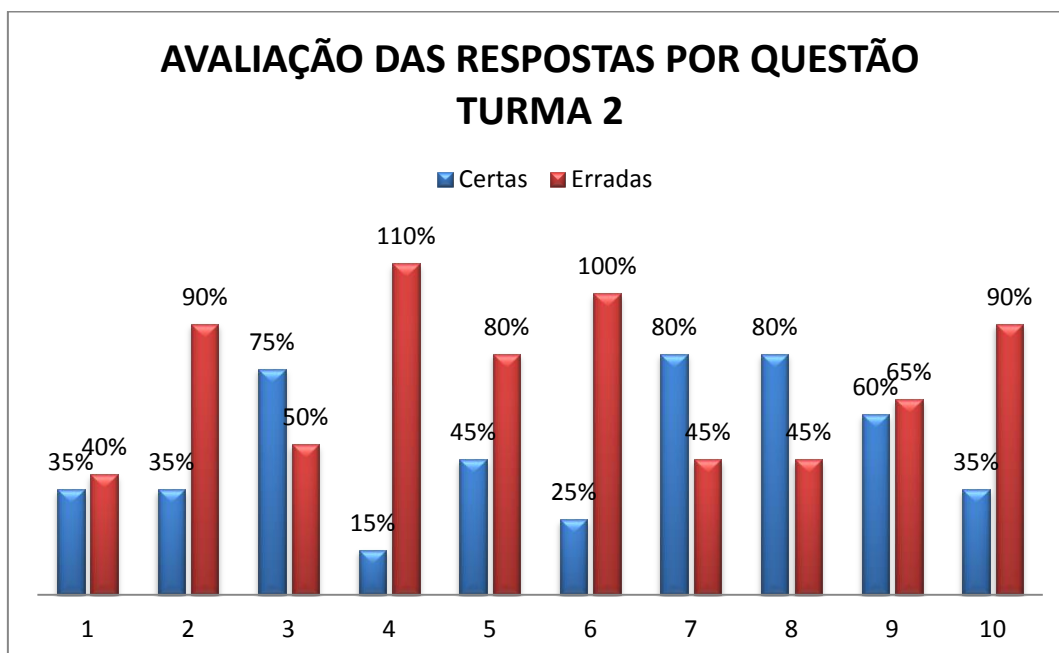


Gráfico 1- Índice de acertos e erros dos alunos da Turma 2

Ao fim do Pré-Teste demos continuidade e seguimos com a abordagem do assunto sobre Máquinas Térmicas a Vapor, com ênfase na abordagem fenomenológica, ou seja, centralizando a análise dos fenômenos físicos relacionados às trocas de calor entre os reservatórios quente e frio, sem perder de vistas a Segunda Lei da Termodinâmica como uma aplicação do princípio da conservação da Energia, tratando que entre as fontes quente e fria existe uma diferença de potencial termodinâmico¹, e a Primeira Lei que recai sobre uma condição do funcionamento das máquinas a vapor, sendo enunciada como “a energia que se transfere de forma natural da fonte de maior potencial térmico para a de menor potencial realizando, deste modo trabalho útil”.

5.2 Evolução Histórica dos Refrigeradores

² A referencia a Diferença de Potencial Termodinâmico, corresponde a diferença de energia acumulada nas partículas dos reservatórios quente e frio.

Entendemos que a compreensão dos refrigeradores como uma máquina térmica, não é algo trivial necessitando, portanto, de uma abordagem mais ampla e profunda desse assunto, pois, de modo contrário ao que ocorre nas máquinas que operam sob o ciclo de Carnot, o calor flui da fonte de menor potencial termodinâmico para o de maior potencial, sob a condição de que trabalho seja realizado neste sistema.

Para uma melhor contextualização, abordamos numa aula expositiva (uso de projeção de slide em power point) alguns tópicos da história da criação e evolução dos refrigeradores e a aplicação do conhecimento no Refrigerador como um Exemplo de máquina térmica com a finalidade de introduzir de maneira sucinta os processos de trocas envolvidas no mesmo e relacionando as diferenças com as máquinas de vapor, de acordo com o texto de apoio no (Apêndice 1).

É importante destacar que a evolução dos refrigeradores e equipamentos de controle da temperatura, estão fortemente relacionada com as necessidades do homem moderno, proporcionando a conservação de alimentos, conforto térmico e controle de microorganismos no caso da área hospitalar.

Durante a exposição, estimulamos os estudantes para serem agentes atuantes no processo de construção do conhecimento, com indagações sobre a maneira como eles relacionam a evolução dos refrigeradores ao longo da história e de que maneira esta evolução influenciou nos hábitos da sociedade moderna, no que diz respeito a conservação e armazenamento de alimentos, num diálogo permanente entre o professor como um facilitador do processo de ensino e o aprendiz como membro ativo no processo da aprendizagem.

RELATAR FATOS DA APLICAÇÃO SE HOUVER

5.3 O Circuito Frigorífico do Refrigerador Residencial

Para explicarmos o funcionamento de um refrigerador demonstramos o funcionamento através do site <http://embraco.com/Default.aspx?tabid=127> usando um simulador de um circuito de refrigeração, relacionando as trocas de calor com os

processos de mudança de estado físico do fluido refrigerante (gás) ao passar pelos trocadores de calor o Evaporador (congelador) e o Condensador.

Enfatizamos os processos de mudança de estados físicos e a relação da pressão com a temperatura de um gás, como também a necessidade de fornecermos energia ao sistema para que opere de maneira inversa a máquina de Carnot, além de tratarmos o sistema em dois lados o de alta e o de baixa pressão.

Nesse momento, RELATAR FATOS DA APLICAÇÃO SE HOUVER

5.4 O Refrigerador Didático (RD) e a Eficiência Energética

Nesta fase, o RD foi mais uma vez exposto e, oportunamente revisamos todo o seu funcionamento e demonstramos o que acontece quando colocamos uma roupa na parte de traz do equipamento, no caso no condensador, verificando a pressão medida nos manômetros fixados na parte frontal do aparelho, solicitando que os alunos anotassem as pressões antes e depois de cobrirmos o componente.

Explicamos a eficiência de uma máquina que opera sob o ciclo de Carnot e, aplicamos um problema proposto no (apêndice 3) para descobrir a eficiência do equipamento de estudo considerando que o mesmo tem um rendimento de acordo com rendimento máximo de uma máquina que opera como o ciclo de Carnot.

5.5 A Aplicação do Pós-Teste e Avaliação do Produto Educacional

Na última fase do trabalho convidamos os alunos para novamente responderem outro questionário agora na forma de um pós-teste para verificarmos as mudanças nas concepções dos alunos quanto aos conhecimentos da física térmica em especial as máquinas térmicas (**APENDICE 4**).



GRAFICO 1

Gráfico 2 resultados do pós-teste

ANÁLISE DOS DADOS

Também foi aplicado um questionário de avaliação de satisfação dos alunos em relação ao desenvolvimento da atividade, metodologia e sobre suas impressões positivas ou negativas sobre o RD (APENDICE G).



GRAFICO 1

Gráfico 3 pesquisa de satisfação

ANÁLISE DOS DADOS

Capítulo 6 - Considerações Finais

Nessa dissertação, o nosso trabalho não está encerrado. Há muito o que fazer, principalmente no que se refere as aplicações da sequência de didática a um maior quantitativo e diversificado número de estudantes. **Outro aspecto que pretendemos investigar é em que medida a aplicação da sequência traz benefícios à aprendizagem dos alunos, não apenas nos aspectos relativos ao som, mas também naqueles relacionados à natureza da ciência e à construção do conhecimento.**

Capítulo 7 - Referências Bibliográficas

VIGOTSKY, L. S. COLE, M. A Formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKY, L. S. Psicologia pedagógica. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Capítulo 8 - APÊNDICES

APÊNDICE A - *Questionário de Avaliação dos conhecimentos Prévios – Pré-Teste*

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DO PRODUTO EDUCACIONAL PRÉ-TESTE

- 1- De maneira sucinta podemos dizer que uma Geladeira serve para.
 - a) Fabrica frio no congelador e calor no condensador
 - b) Transfere frio para os alimentos, dessa forma consegue diminuir sua temperatura;
 - c) Através do trabalho realizado do motor sobre o gás, o sistema absorve calor no congelador e rejeita no ambiente pelo condensador;
 - d) Opera de forma independente tendo em vista que o um lado é quente e o outro frio e eles não possuem nenhuma relação.

- 2- O aparelho que está sendo apresentado, supondo que o mesmo funciona como uma Geladeira residencial, que parte do equipamento é responsável por retirar calor dos alimentos?
 - a) Condensador;
 - b) Filtro secador;
 - c) Motor;
 - d) Congelador.

- 3- Dos componentes listados abaixo marque a opção que contém aqueles que estão presentes neste aparelho.
 - a) Reservatório de frio, tubos de cobre e fonte de energia
 - b) Motor, fonte fria e acumulador de alimentos
 - c) Reservatório de calor, fonte fria e fonte de energia
 - d) Motor, congelador e condensador.

- 4- Porque a fonte fria se localiza na parte superior do equipamento?
 - a) Não tem nenhuma explicação física
 - b) Para facilitar a retirada dos alimentos
 - c) Favorece a descida do ar frio por convecção
 - d) Por questão de segurança.

- 5- Qual a origem do gelo que se forma na parte fria do equipamento durante o seu funcionamento?
- Da umidade (vapor d'água) presente no interior do congelador
 - Da transformação do "gás da geladeira" em gelo
 - Da química do motor em funcionamento
 - Da atração do congelador de partículas do "gás da geladeira" presentes no equipamento.
- 6- Qual a relação entre pressão e temperatura de um gás?
- Quanto maior a pressão maior a temperatura
 - Quanto maior a pressão não se altera a temperatura
 - Quanto maior a pressão menor a temperatura
 - Não existe nenhuma relação entre essas grandezas.
- 7- O que ocorre com a energia interna do gás refrigerante ao ceder calor para o ambiente externo no condensador?
- Aumenta favorecendo o processo de diminuição da temperatura
 - Diminui favorecendo a condensação do vapor aquecido do fluido refrigerante
 - Não interfere em nada no ciclo termodinâmico do "gás"
 - A energia interna continua constante e favorece a evaporação do fluido refrigerante.
- 8- O que acontece ao funcionamento de um refrigerador quando colocamos roupas para secar na parte de trás?
- Nenhum efeito é percebido e nem afeta o funcionamento do sistema
 - Aumenta a temperatura do condensador e aumenta a pressão do sistema
 - Há uma leve melhora no rendimento do equipamento
 - O equipamento diminui seu consumo de energia e melhora o desempenho do motor.
- 9- Porque é utilizado um dispositivo na forma de serpentina, de cor preta, na parte de trás do aparelho?
- A forma em serpentina é apenas uma opção dos fabricantes, portanto, outras formas poderiam ser adotadas
 - Para esconder este componente e melhorar a aparência do refrigerador
 - A serpentina aumenta a área de troca e a cor preta facilita a irradiação do calor do condensador
 - Não há explicações plausíveis para isto

10- Numa residência a abertura excessiva da geladeira pode:

- a) Aumentar o consumo, tendo em vista que aumenta a formação de gelo no congelador o que dificulta as trocas térmicas
- b) Representar uma diminuição da temperatura interna do equipamento
- c) Manter a temperatura constante e uniforme entre a parte superior e inferior do refrigerador
- d) Diminuir o consumo já que a formação de gelo aumenta no equipamento

APÊNDICE B - *Texto de Apoio e Fundamentação Para o Docente*

O REFRIGERADOR DIDÁTICO

SUMÁRIO

Apresentação

O texto produzido neste material tem por finalidade servir de suporte pedagógico para professores de física do ensino médio. É fruto do trabalho de conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física, coordenado pela SBF (Sociedade Brasileira de Física) e fomentado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) executado pelo Pólo 10 IFRN. Tem por finalidade servir como uma alternativa didática para professores do ensino médio, na aplicação e discussão de fenômenos termodinâmicos relacionados com a aplicação de conceitos desta área da física, baseado no refrigerador doméstico, numa unidade de Física Térmica, sendo uma proposta integradora entre conhecimento físico formal e sua contextualização no âmbito tecnológico.

Este material visa desenvolver nos estudantes competências e habilidades de reconhecimento, de interpretação e aplicação de conceitos físicos de termodinâmica na tecnologia e compreender a evolução histórica da observação e explicação de fenômenos térmicos com ênfase nas máquinas térmicas, destacando o refrigerador doméstico. Aplicando as teorias da aprendizagem potencialmente significativa, de Ausubel e sócio interacionistas de Vygotsky, para que estimule no aluno o ato de pensar, pesquisar, aplicar modelos e planejar ações transformadoras para a sociedade.

A sugestão apresentada foi aplicada em turmas de 2ª série do Ensino Médio noturno, de uma escola pública do estado do Rio Grande do Norte, numa proposta curricular implantada pela Secretaria Estadual de Educação e Cultura do Rio Grande do Norte (SEEC-RN) específica para o trabalhador estudante que busca por educação na rede pública do estado no turno noturno, possibilitando para estes indivíduos a permanência na escola, assim como o seu desenvolvimento, a formação para a vida e para o trabalho com ênfase na reformulação curricular para este turno de ensino, focalizando nas peculiaridades dos estudantes deste turno, conforme previsto no Art. 4º inciso VI da LDB nº 9.394/96 que assegura como dever do Estado a “*oferta de ensino noturno regular, adequado às condições do educando*”.

Este produto educacional não tem por objetivo se apresentar como uma ideia acabada e/ou definitiva para este conteúdo específico, pelo contrário, sugere apenas uma

ferramenta educacional que venha corroborar com a melhoria no aprendizado da Física sendo, portanto, passível de modificações e adaptações às diferentes realidades encontradas nas diversas situações escolares do país.

INTRODUÇÃO

Em meados do século XVII nasce em Woolsthorpe, Inglaterra, em 25 de Dezembro de 1642, Isaac Newton uma das mentes mais brilhantes que a humanidade já registrou. Foi o primeiro a dar uma formulação completa às leis da mecânica e a unificar a lei terrestre e dos movimentos dos astros celeste, introduzindo as Leis universais. Acreditava que a função da ciência era explicar como a natureza funciona e não o que ela é. Foi responsável por uma verdadeira revolução científica, com impactos tanto teóricos quanto práticos. A sua metodologia combinava deduções matemáticas com intuições extraídas das observações experimentais. O reconhecimento de suas valiosas contribuições é registrado em diversas fontes e por vários outros renomados cientistas;

“Sobre Newton, Edmond Halley escreveu: nenhum mortal pôde chegar mais perto dos deuses. E Lagrange: já que só havia um Universo a ser explicado, ninguém poderia repetir o ato de Newton, o mais afortunado dos mortais. De Alexandre koyré: a grandeza singular da mente e do trabalho newtoniano consistiu na combinação de um supremo talento experimental com u supremo talento matemático”. (PIRES 2011)

Embora as leis newtonianas tivessem grande sucesso para explicar muitos fenômenos naturais, a princípio, elas não conseguiram explicações conclusivas sobre o calor. Por muitos anos os conceitos de calor e temperatura foram usados indistintamente, vários anos foram necessários ao longo da história da ciência para que estes conceitos se separassem.

Hoje sabemos que temperatura é uma média das energias cinéticas das moléculas de um corpo, o que se encaixa perfeitamente na teoria atomística formaliza de maneira conclusiva entre o século XIX e início do século XX e, que o calor é uma energia retirada ou adicionada a um objeto, transferindo-se naturalmente do corpo com maior temperatura em direção ao de menor temperatura. Portanto, é incorreto afirmar que um corpo possui calor, pois esta energia se restringe a uma transição entre corpos com diferença de temperaturas.

TEORIA ATÔMICA DA MATERIA

Para melhor compreensão sobre a evolução das ideias do calor é importante apresentarmos, brevemente um histórico sobre a teoria Atômica da matéria, desde o século XVII até o século XIX.

Em 1661, Robert Boyle (1627-1691) rejeitou a ideia introduzida por Empédocles (séc III a.C.) de que toda a matéria era constituída pelos quatro elementos da natureza fogo, ar terra e água, ou por uma combinação entre eles. Para Boyle um elemento era como uma substância que não poderia ser separada, ou construída, em duas ou mais substâncias aparentemente mais simples.

A derivação de algumas leis obedecidas pelos gases, entre elas a lei de Boyle-Mariotte, numa transformação a temperatura constante, a pressão de uma dada amostra de gás varia com o inverso do seu volume, foi feita por Daniel Bernoulli (1700-1782) em 1733 (PIRES 2011. p. 236), considerando os gases como constituídos por pequenas esferas rígidas. Ele supôs que estas pequenas esferas podias mover-se rapidamente e com raras colisões entre elas e assim, imaginava que o calor poderia aumentar o movimento interno dessas esferas em um gás.

Em 1808, John Dalton (1766-1844) usando a ideia de átomos, definiu que toda a matéria era constituída por átomos e que cada elemento era composto por átomos de um tipo específico e irreduzível. Segundo ele, todas as formas de matéria eram redutíveis a um número finito de espécies atômicas, ou seja, de átomos. A princípio esta ideia foi bastante rejeitada por vários químicos que não aceitavam que existissem diversos tipos de átomos e que a natureza deveria ser mais simples, de modo que, os átomos deveriam se unir e formar “átomos compostos” (a molécula). Nesta época, houve bastante confusão com as palavras átomos e moléculas, átomo era para alguns o que a molécula era para outros, a distinção entre os dois termos só foi resolvida no primeiro congresso de química em 1860.

Em 1867, após a retomada do trabalho de Bernoulli, James Clerk Maxwell (1831-1879), propõe a teoria cinética dos gases que é ampliada no ano seguinte por Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906). Esta é uma teoria microscópica em que as leis da Mecânica de Newton são consideradas verdadeiras em escala molecular.

Considerando que numa amostra de gás há um número extremamente grande de partículas (átomos ou moléculas), ela não pretende determinar as posições e as velocidades de cada uma dessas partículas e nem calcular os valores individuais das grandezas físicas inerentes.

Ao invés de aplicar as leis de Newton, são usados procedimentos estatísticos para o cálculo de valores médios, que é o que medimos experimentalmente, porém, os resultados da teoria concordam com os dados experimentais.

Para a teoria cinética dos gases, é proposto um modelo a partir das seguintes hipóteses:

- Uma amostra de gás é constituída por um número muito grande de moléculas em movimento desordenado;
- As forças intermoleculares são desprezíveis, isto é, as moléculas interagem apenas nas colisões mútuas e com as paredes do recipiente e o seu movimento, entre colisões sucessivas, é retilíneo e uniforme;
- As colisões são elásticas e de duração desprezível;
- As dimensões das moléculas são muito menores do que a distância média entre elas e o seu volume próprio pode ser desprezado frente ao volume do recipiente;
- O movimento das moléculas que constituem a amostra de gás acontece segundo as leis de Newton.

Uma importante característica desse modelo é a de que as moléculas ou átomos, constituintes da amostra de gás, na maior parte do tempo, não exercem forças umas sobre as outras. Assim, todas as propriedades macroscópicas óbvias de uma amostra de gás são consequências primárias do movimento das suas moléculas e é por isso que se fala em Teoria Cinética dos gases.

Por efeito, temos algumas relações importantes decorrentes deste modelo, a seguir:

$$PV = \frac{2}{3}N \left(\frac{1}{2}mv_{qm}^2 \right)$$

e

$$\frac{1}{2}mv_{qm}^2 = \frac{3}{2}K_B T$$

Onde nestas expressões P, V e T são respectivamente Pressão, Volume e Temperatura absoluta do gás, m é a massa do gás, N o número de partículas na amostra, além da velocidade quadrática média das partículas definida como: $v_{qm}^2 = \sqrt{(v^2)_m}$

e,

$K_B = 1,38 \times 10^{-23} J/K$ a constante de Boltzmann.

É oportuno salientar que a primeira expressão relaciona a pressão da amostra de gás à energia cinética média de translação das suas moléculas e a segunda, relaciona à temperatura absoluta (Kelvin) a essa mesma energia cinética média. Se a pressão de uma amostra de gás aumenta, a energia cinética média de suas moléculas aumenta e, também, a sua temperatura.

Por tudo, de posse desse modelo, podemos explicar com boa precisão, as leis dos gases reais e fazer previsões sobre seu comportamento, desde que em situações não muito diferentes das usuais. Portanto, não é possível ou ao menos preciso, utilizando este modelo, descrever o comportamento de uma amostra de gás real em altas pressões ou baixas temperaturas.

O CALOR

A ideia de calor como um fluido que saia de um corpo quente para outro frio, remonta desde a antiguidade e, somente em 1665 quando Hooke declarou que o calor era uma propriedade de um corpo que surgia pelo movimento ou agitação de suas partes, é que esse conceito começa a mudar.

Para Newton, a luz e o brilho emitidos por um corpo aquecido acima de determinada temperatura, eram causados pela vibração das partes do corpo e ainda, que o inverso também ocorria, ou seja, quando a luz é absorvida por um objeto, ela causa vibração que nossos sentidos percebem como o calor.

Em 1697, Georg Ernest Stahl (1659-1734) propõe a teoria do flogístico, que seria um elemento com massa presente em todos os materiais combustíveis. Ele acreditava que ao queimar, um objeto liberaria flogístico e reduziria a ingredientes mais elementares. Quanto maior fosse a quantidade de flogístico, mais combustível seria o material, conseqüentemente, aquelas que não possuíam esse elemento não queimavam. Apesar do grande esforço dedicado para comprovar a existência do flogístico, determinando seu peso, não se obteve sucesso e quando se descobriu o hidrogênio alguns pensaram ter encontrado o flogístico puro.

Joseph Black (1728-1799) considerado o pai da Termometria, em 1760 visualizou o calor como um fluido ponderável e constante (indestrutível), capaz de interpenetrar todos os corpos materiais. Observou que sempre necessitamos de certa quantidade de calor para elevar a temperatura de um dado objeto e definiu a unidade de quantidade de calor (capacidade térmica) como sendo a quantidade do fluido necessária para elevar a temperatura de um dado corpo em uma unidade de temperatura. Ele também introduziu conceito de calor latente, que seria a quantidade de calor necessária para transformar o gelo em água e a água em vapor, fazendo a distinção entre calor e temperatura.

O responsável em derrubar a teoria do flogístico foi o fundador da Química Moderna, o químico Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), interpretando de modo correto as reações de oxidação, combustão, calcinações etc., e lançando os fundamentos da análise química quantitativa. Nos seus experimentos demonstrou que os metais ao final do processo de oxidação tinham ganhado de massa e não perda como previsto pela teoria do flogístico. Tirou, portanto duas importantes conclusões: 1) a oxidação resultava da combinação do metal com certo constituinte do ar; conseqüentemente; 2) o ar não era um elemento simples, mas formado por uma mistura de diferentes substâncias. Também é atribuída a ele a introdução do termo calórico como chega a

escrever: “o calórico combina-se com o sólido formando líquido, que combinando-se com o calórico forma o gás”. Para ele o calor não era um agente químico e conseguia ultrapassar as paredes de um frasco. Em seu tratado *Elementos da Química* escreveu que todas as partículas que constituem os corpos estavam sujeitas a duas forças em equilíbrio uma atrativa e outra repulsiva. Caso a força atrativa se tornasse maior o corpo permaneceria sólido, caso contrário, a força repulsiva do “calórico” afastaria as partículas e o tornaria líquido.

MÁQUINAS TÉRMICAS

A busca no aperfeiçoamento das máquinas térmicas conduziram as sínteses das leis gerais da termodinâmica.

Com o surgimento da Revolução Industrial, o tema do calor começava a despertar o interesse de muitos setores da Física e várias razões ajudaram a por de lado a hipótese do *calórico*, admitindo-se que a temperatura de um corpo, noção intimamente ligada à do calor, seria uma consequência da maior ou menor agitação das moléculas constituinte desse corpo.

Neste momento, é importante repassarmos alguns fatos históricos que constituíram o início da termodinâmica. Um dos primeiros inventos de aparelhos que mais tarde contribuíra para o desenvolvimento dos sistemas termodinâmicos, fora a primeira a bomba de vácuo projetada e construída em 1650 por Otto Von Guericke, como também o primeiro vácuo artificial do mundo, através das esferas da experide Magdeburg. Ele buscava invalidar a antiga percepção de que não podia haver vazio ou vácuo, já que no vácuo todos os corpos caíam com a mesma velocidade, do modo como fora descrito por Aristóteles.

Logo, em 1656 tomando ciência dos experimentos de Guericke, o físico e químico Irlandês Robert Boyle, em coordenação com Robert Hooke, construiu uma bomba de ar e, que através dela descobriram uma correlação entre pressão, temperatura e volume.

Assim, foi formulada a Lei de Boyle, que estabelece que a pressão e o volume sejam inversamente proporcionais.

Em 1679, Denis Papin baseado nos conceitos de Boyle construiu um forno de pressão, que consistia em um vaso fechado com uma tampa hermeticamente fechada que confinava o vapor até alta pressão ser gerado. Posteriormente, outros projetos incluíram uma válvula de alívio para o vapor diminuindo os riscos de explosão devido a alta pressão. Observando o movimento rítmico da válvula de alívio para cima e para baixo, Papin concebeu a ideia de uma máquina constituída de um pistão e um cilindro. Mas Papin não seguiu adiante com a ideia. Foi somente em 1697, baseado nas ideias de Papin o engenheiro Thomas Savery construiu a primeira máquina a vapor.

Embora nesta época as máquinas brutas e ineficientes, elas atraíram a atenção dos principais cientistas foi Sadi Carnot, considerado hoje o pai da termodinâmica, que em 1823 publicou “Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo”, um discurso sobre o calor, potência e eficiência de máquinas térmicas. O texto trouxe as relações energéticas básicas entre a Máquina de Carnot e a potência motriz. Isto marcou o início da Termodinâmica como ciência moderna.

Diversos outros trabalhos contribuíram com o avanço da termodinâmica, com destaque os sucessivos trabalhos de Benjamin THOMPSON (1753-1814), físico americano, Humphrey DAVY (1778-1829), físico e químico inglês, James Prescott JOULE (1818-1889) físico britânico, Julius Robert von MAYER (1814-1878), médico e físico alemão, e o seu compatriota Rudolf Julius Emmanuel CLAUSIUS (1822 -1888).

AS LEIS DA TERMODINÂMICA

Termodinâmica é uma palavra de origem grega que significa *therme* = calor e *dynamis* = movimento é, portanto, a parte da Física que estuda os efeitos da mudança de temperatura, volume e pressão, empregados em sistemas físicos em escala macroscópica. De uma forma mais simples, a termodinâmica procura explicar os mecanismos de transferência de energia térmica a fim de que estes realizem algum tipo

de trabalho. Ela não trabalha com modelos da microestrutura da substância e tampouco é capaz de fornecer detalhes desse tipo de estrutura, mas uma vez que alguns dados sejam fornecidos, algumas propriedades podem ser determinadas.

Para uma melhor compreensão da termodinâmica iremos inserir alguns conceitos importantes, a seguir;

Primeiro, o *sistema termodinâmico*. É o espaço limitado, real ou imaginário, que tem o objetivo de estudar a energia e suas transformações, independente das dimensões do mesmo, por exemplo, pode ser grande como um sistema de refrigeração como um condicionador de ar; ou pequeno como o gás que ocupa o espaço do cilindro num compressor. Outra característica do sistema é a que o define como fechado ou aberto. Um sistema fechado é aquele em que somente a energia transpõe os limites do sistema, enquanto no aberto, tanto a energia quanto a quantidade de matéria transpõe os limites.

O segundo conceito é descrito como sendo o conjunto de propriedades físicas do sistema, chamado de estado de um sistema, como a temperatura, pressão, volume, massa, entropia, etc. O estado é uma condição momentânea do sistema, onde somente pode ser descrito enquanto as propriedades deste sejam imutáveis naquele momento, enquanto há o equilíbrio.

O prestígio da Física advém em grande parte, das observações acumuladas que possibilitaram explicar, por meio de poucos princípios gerais, todo o universo de fenômenos observados. Em particular duas leis da termodinâmica regulam, sem exceção conhecida, todos os fenômenos que envolvem transformações de energia.

A primeira Lei da Termodinâmica, conhecida como Princípio da Conservação da Energia, diz que a energia não pode ser criada e nem destruída apenas transformada. Num sistema físico a quantidade de energia total pode sofrer diversas transformações, porém, a somatória das energias deve ser sempre igual a energia do estado inicial.

A segunda Lei da Termodinâmica, leva em consideração a quantidade de trabalho que pode ser obtida nos processo de transformação da energia. Enquanto a energia é transformada, é possível realizar um trabalho útil, como resultado parcial da mudança de forma da energia.

Imagine dois corpos com temperaturas diferentes: um quente e o outro frio. Se colocarmos os dois corpos em contato a energia térmica do mais quente passará ao mais frio até que ocorra o equilíbrio térmico entre eles. Seria possível que o fenômeno inverso acontecesse? Qual a possibilidade de dois corpos com a mesma temperatura viesse a atingir um estado em que eles tivessem temperaturas diferentes?

HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO UNIVERSAL

O domínio humano das técnicas de conservação de alimentos e de climatização de ambientes representou uma das mudanças mais importantes para a civilização humana. A possibilidade de guardar e distribuir alimentos e de viver e trabalhar em climas adversos deu às atividades humanas perspectivas muito maior do que anteriormente possíveis.

Desde a pré-história, o homem tem a necessidade, ou a vontade, de obter formas de resfriamento que façam com que alimentos ou outras substâncias alcancem temperaturas inferiores a do ambiente.

Alguns registros anteriores a 2.000 A.C indicam que os efeitos exercidos por baixas temperaturas sobre a preservação de alimentos já eram conhecidos. Alexandre, o Grande, 300 A.C serviu bebidas resfriadas com neve aos seus soldados. Antigos soberanos, com a ajuda de trabalho escravo em grande escala mandavam trazer enormes pilhas de neve das montanhas próximas para produzir brisas refrescantes na primavera e esfriar os refrescos. Na Europa, durante a Idade Média, os nobres mandavam encher de neve buracos e trincheiras, durante o inverno, para que pudessem preparar bebidas frias e sobremesas geladas durante os meses de verão. Foram descritos muitos dispositivos engenhosos onde se usava a evaporação da água para esfriar o ar e tornar a vida mais amena.

A água foi o primeiro refrigerante (fluido de refrigeração), com uma longa história que se estende até os tempos modernos, a civilização egípcia, por exemplo, devido a sua situação geográfica e ao clima de seu país, não dispunham de gelo natural,

refrescavam a água por evaporação, usando vasos de barro, semelhantes às moringas, tão comuns no interior do Brasil. O fato da porosidade do barro permitir a evaporação da água para o ambiente faz baixar a temperatura do sistema. Entretanto, durante um longo período de tempo, na realidade muitos séculos, a única utilidade que o homem encontrou para gelo foi a de refrigerar alimentos e bebidas para melhorar seu paladar.

O gelo natural era enviado dos locais de clima frio ou era recolhido durante o inverno e armazenado em salas frias, bem isoladas termicamente. A menção histórica mais antiga a esse respeito data de aproximadamente 1000 ac. Num antigo livro de poemas chinês, chamado Shi Ching. Essas casas de armazenamento eram feitas de diversos materiais isolantes, como a palha e o esterco.

O principal método usado para produzir refrigeração baseia-se no processo de evaporação de um líquido chamado refrigerante. No ano de 1755 já se conhecia o efeito de resfriamento causado pelo éter ao se evaporar sobre a pele. Naquele tempo, o professor de química, William Cullen, demonstrou a formação de gelo na água em contato com um recipiente contendo éter; ao reduzir a pressão sobre o éter promoveu sua ebulição a uma temperatura baixa o suficiente para proporcionar a formação do gelo.

Metade do ciclo de refrigeração estava resolvido, entretanto, ainda restava achar uma forma de recircular o éter evaporado, evitando desperdiçá-lo para o ambiente. Isso tornaria o sistema inviável economicamente, pois o éter evaporado deveria ser repostado.

Informações sobre métodos de liquefação de gases através de compressão foram reunidas na segunda metade do século 18. Em 1780, dois homens chamados J. F. Clouet e G. Monge, liquefizeram o Dióxido de Enxofre, a Amônia foi liquefeita em 1787 por Van Marum e Van Troostwijk. A ideia de unir as técnicas de evaporação e condensação e criar um sistema cíclico parece ter sido sugerida pela primeira vez por Oliver Evans, da Filadélfia, mas a primeira máquina cíclica de refrigeração foi feita por Jacob Perkins.

O estadunidense, Jacob Perkins, em 1834 fabricou e patenteou gelo artificial pela primeira vez, tornando-se o precursor da geladeira doméstica. Ele descreveu o ciclo de compressão do vapor em que o resfriamento se produzia pela evaporação de líquidos

voláteis e ao mesmo tempo, constantemente condensados, esses fluidos voláteis repetem sempre o processo sem desperdício.

O sistema é composto basicamente por quatro componentes: o compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. O compressor bombeia o vapor elevando sua pressão que ao ser resfriado por um fluido externo, água ou ar, condensa ao longo do condensador por liberação de calor para o meio. Ao condensar o líquido conduzido até uma válvula de expansão, que é uma restrição no sistema que provoca uma diferença de pressão, proporcionando uma súbita queda de pressão e temperatura e fazendo parte do fluido entrar em ebulição gerando uma mistura saturada, líquido e vapor, e ao longo do evaporador retira calor latente de sua vizinhança retornando para o compressor em estado gasoso. O trabalho de Perkins despertou pouco interesse, não sendo mencionado na literatura da época e permaneceu esquecido por aproximadamente 50 anos, até que Bramwell descreveu o artigo para o *Journal of the Royal Society of Arts*.

Em 1838, John Gorrie, também estadunidense, passou boa parte de sua vida tentando melhorar as condições dos doentes de seu hospital extremamente quente e úmido. Ele teve a ideia de pendurar sacos de gelo nas paredes do hospital para tornar mais fresco o ar que seus pacientes respiravam com certeza ele tinha dificuldades, pois, em temperatura alta o gelo desfazia muito rápido ele tinha que encontrar uma saída para resolver o problema. Sendo assim, na época do inverno era armazenadas barras de gelo protegidas com pó de serragem, porém, isso trazia muitos problemas. Entendendo um pouco de física ele construiu uma máquina a vapor usando água salgada, e patenteou o primeiro compressor de ar movido a vapor em 1851, que se destinava a refrigerar câmaras frias de hospitais e daí nasceu o ar-condicionado. O primeiro refrigerador de natureza doméstica, usando uma bomba de vapor num circuito com amoníaco, foi inventado pelo alemão Karl Van Linde em 1879.

O maior responsável por colocar máquinas de refrigeração em uso foi o escocês James Harrison. Iniciou-se no assunto a partir de um breve treinamento técnico nas aulas de química durante seu curso de tipografia na universidade. Ao perceber o efeito de resfriamento do éter, inventou, em torno de 1850, uma máquina acionada

manualmente para produção de gelo. Nos anos de 1856 e 1857 solicitou patentes na Grã-Bretanha, e deu continuidade ao desenvolvimento construindo máquinas ainda mais evoluídas na Inglaterra. Tais equipamentos foram enviados para diversos lugares visando aplicações como produção de gelo e a cristalização de parafina.

Em 1862, em uma exibição internacional em Londres, o equipamento de Harrison, fabricado por Daniel Siebe, foi apresentado à sociedade da época. A partir de então, foram desenvolvidos diversos sistemas de produção do frio artificial e também vários tipos de fluidos refrigerantes, no entanto, a engenharia da refrigeração recebeu uma contribuição decisiva no início do século XX com o advento da eletricidade e em 1918 surgiu o primeiro refrigerador automático movido à eletricidade e com um pequeno motor, fabricado em pequena escala por Kelvinator Company, dos Estados Unidos.

As máquinas foram fabricadas regularmente até o advento dos sistemas com Amônia de Dióxido de Carbono, chegando a se tornar populares na Índia. O éter quando submetido à pressão de 1 atmosfera evapora à temperatura de 34,5°C. Quando o objetivo é produzir gelo esta pressão deve ser bem mais baixa para que a evaporação ocorra em temperaturas inferiores a 0°C. A ocorrência de um vazamento permitiria então a passagem de ar para dentro do equipamento, constituindo um ambiente de enorme potencial explosivo. Já o Dimetil éter, com ponto de ebulição de -23,6°C introduzido por Caries Tellier em 1864 e o Dióxido de Enxofre, com ponto de ebulição de -10°C introduzido em 1874, não incorreria neste problema, destes o Dióxido de Enxofre foi usado extensivamente por aproximadamente 50 anos.

Cari Van Linde foi o primeiro a introduzir amônia como refrigerante em sistemas de refrigeração, por volta de 1870. Por ter um ponto de ebulição de -33,3°C proporcionava temperaturas bem mais baixas do que as disponíveis anteriormente, apesar de apresentar pressões em torno de dez atmosferas ou mais no condensador requerendo assim construções mais robustas.

Apesar do primeiro sistema de refrigeração por compressão ter sido desenvolvido em 1834 por Jakob Perkins, apenas uma década após o início da comercialização da máquina de refrigeração por absorção de Carré, esse sistema

somente passou a dominar o mercado na década de 1930, motivado pelo alto custo da energia mecânica e elétrica, elevado nível de ruído, motores grandes, pesados e caros.

Antes do advento da eletricidade o sistema de Van Linde foi o mais utilizado, o sistema consistia numa caldeira usava como fluido refrigerante a amônia, que possui um dos maiores rendimentos em capacidade de retirada de calor. Este sistema utilizava uma fonte de calor para aquecer a amônia numa mistura com água. Ao ser aquecida a mistura eleva-se por convecção até um trocador onde ocorre a separação da água condensada e da amônia que segue para o evaporador onde se encontra o gás hidrogênio, ao entrar na forma líquida no evaporador a amônia vaporiza retirando grandes quantidades de calor e retorna a caldeira para reinício do ciclo. Embora a amônia tenha sido substituída na década de 1920 pelo composto clorofluorcarbono (CFC), neste período surgiram as famosas geladeiras movidas a querosene, que eram usados para gerar o calor necessário para o sistema.

Foi em 1928 que surgiram os fluidos refrigerantes fluorados (CFC) desenvolvidos por Sr. Thomas Midgely, estas substâncias demonstraram não serem tóxicas ao contato humano, porém, eram desconhecidas suas ações nocivas à camada de ozônio. Atualmente se sabe que um dos elementos destas substâncias, o cloro mais especificamente, possui um alto potencial de degradação da camada de Ozônio, que protege a Terra dos raios solares ultravioleta. Alguns fatores para o sucesso dessas substâncias está no alto coeficiente de performance, rendimento térmico, baixa toxicidade e ampla faixa de aplicação.

No Brasil, os pioneiros da refrigeração foram Guilherme Holderegger e Rudolf Stutzer que, no ano de 1947 em uma pequena oficina na cidade de Brusque em Santa Catarina, construíram o primeiro aparelho movido a querosene. Durante o período de 1947 a 1950, fabricaram apenas 31 unidades na oficina em Brusque, quando então surge um novo personagem, Wittick Freitag, um comerciante bem sucedido da cidade de Joinville, que convence os dois a montarem uma fábrica. Fechada a sociedade, em 15 de julho de 1950 entra em operação a Consul, quando de um pequeno galpão saíram os primeiros refrigeradores da empresa.

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

De modo genérico, todo fenômeno endotérmico, seja físico ou químico, pode ser aproveitado para a produção do frio. A Refrigeração é um fenômeno que objetiva resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos ou efetuar climatização para o conforto térmico das pessoas.

Para diminuir a temperatura é necessário retirar energia térmica (calor) de determinado corpo ou vizinhança. Através de um ciclo termodinâmico, o calor é absorvido do ambiente a ser refrigerado e é eliminado para o ambiente externo. A refrigeração não destrói o calor, que é uma forma de energia, apenas o transporta entre ambientes com diferença de temperaturas, de um lugar não desejado para outro que pode ser rejeitado sem necessidade de aproveitamento útil.

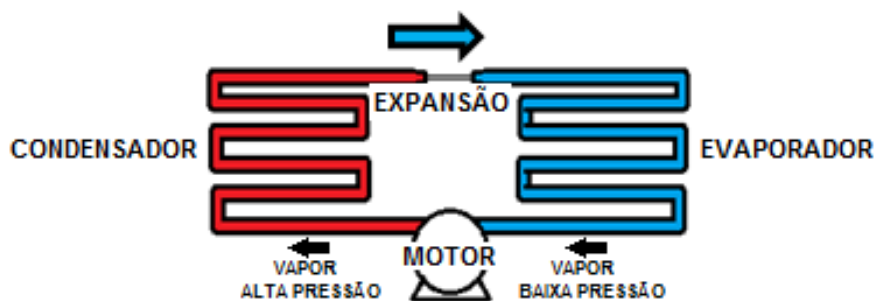


Figura 1 – Ciclo de refrigeração

Entre os ciclos de refrigeração, os principais são o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, o ciclo de refrigeração por absorção e o ciclo de refrigeração por magnetismo. Para efeito deste produto, nos deteremos em explicar o primeiro, que é o mais difundido para uso doméstico, tendo em vista o bom coeficiente de desempenho, baixo custo de investimento em relação aos benefícios e a larga produção pela indústria de aparelhos eletrodomésticos.

CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

Um sistema de refrigeração a compressão de vapor, basicamente é formado por quatro componentes fundamentais: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador, neste caso, leia fundamental todo componente indispensável para a obtenção dos processos de refrigeração neste sistema.

Para o funcionamento do ciclo é usado um fluido refrigerante do tipo Freon, popularmente conhecido por *refrigerante* ou *gás freon*. Assim, o fluido refrigerante é o agente que transporta o calor entre o ambiente frio (interno) e o quente (externo), sendo este sentido de transferência contrário ao fluxo natural de trocas térmicas, assim, isto acontece devido o trabalho transferido pelo compressor que faz a função de bomba permitindo um processo dinâmico e contínuo à substância.

O compressor succiona o vapor de baixa pressão e temperatura vindo do evaporador e o comprime tornando-o um vapor de alta pressão e temperatura. O vapor ao passar pelo condensador libera o calor para atingir as condições ideais de condensação tornando-se líquido alta pressão, seguindo para o dispositivo de expansão, que no caso dos equipamentos domésticos é o tubo capilar, este dispositivo tem a função de criar uma restrição à passagem da substância de modo a criar uma diferença de pressão entre o condensador e o evaporador.

No evaporador, o fluido ao expandir entra na forma de líquido saturado e, ao absorver calor da vizinhança vaporiza-se, sendo desta maneira succionado pelo compressor na forma de vapor baixa pressão e temperatura para o reinício do ciclo.

Para facilitar a compreensão iremos discorrer sobre cada componente separadamente:

COMPRESSOR

É o componente destinado em elevar a pressão do fluido refrigerante pelo processo de compressão, também chamado de moto compressor. O motor elétrico é o

dispositivo responsável pela transformação de energia elétrica em mecânica e o seu funcionamento é baseado na interação entre campos eletromagnéticos, que surgem no centro da bobina quando percorrida por uma corrente elétrica. É o mais utilizado de todos os tipos de motores, por seu baixo custo de produção, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando e está dividido basicamente em duas partes, sendo uma estacionária chamada de estator e a outra giratória conhecida por rotor.

No estator encontra-se a bobina elétrica, que é um enrolamento de fios condutores banhados em esmalte dielétrico e inseridos de maneira adequada nas ranhuras do material ferromagnético que funcionará como um eletroímã. Pelo princípio do eletromagnetismo, todo condutor ao ser percorrido por uma corrente elétrica, surge em sua volta um campo magnético, no caso, tanto a bobina quanto o núcleo ferromagnético servem para intensificar este campo no seu interior.

Na região central do motor localiza-se a parte giratória, chamada rotor. O rotor gira porque os fios e o campo magnético são arranjados de modo que um torque seja desenvolvido sobre a linha central do rotor gaiola de esquilo.

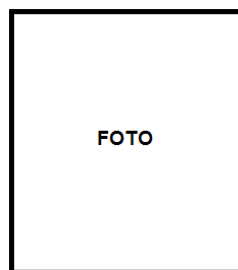


Figura 1 – Estator

Este rotor é constituído por um núcleo de chapas ferromagnéticas, isoladas entre si sobre o qual são colocadas barras de alumínio (condutores), dispostas paralelamente entre e unidas nas suas extremidades por dois anéis condutores, também em alumínio, que provocam curto-circuito nos condutores.

Para o caso do moto compressor, uma bomba mecânica é fixada na extremidade do rotor, que torna possível o bombeamento do fluido refrigerante no sistema de refrigeração. Especificamente em relação ao produto educacional em aplicação, iremos nos deter basicamente, em classificar os compressores de duas maneiras;

Classificação dos Compressores

1. Quanto ao processo de compressão

- a) Compressor alternativo – são compressores que utilizam pistões ligados a uma biela similar aos de um motor alternativo. Quando o pistão faz um movimento ascendente comprime o fluido (gasoso) a um valor determinado de pressão, uma válvula de descarga se abre deixando o gás escapar, com alta pressão e temperatura, praticamente constantes. Ao final deste movimento ascendente, a válvula de descarga se fecha e a de sucção se abre, preenchendo a câmara de compressão com a substância refrigerante. Neste caso, o processo de compressão alterna com o procedimento de sucção, esse compressor é o mais utilizado na linha de equipamentos residencial e comercial.

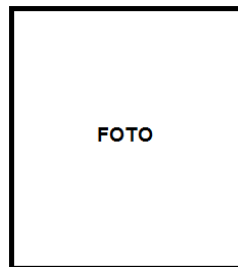


Figura 2 - Mecânica do Compressor Alternativo

- b) Compressor Rotativo de Roletes – são compressores que na sua mecânica utilizam roletes excêntricos (desnívelamento entre o centro do eixo do rotor e da carcaça). Na câmara onde localiza o rolete, é montada uma palheta móvel, de modo que a rotação faz a palheta se mover para dentro e para fora de sua ranhura, e assim, separando a câmara em dois lados um com alta pressão e outro com baixa. O gás contido entre os lados da palheta é comprimido por um dos lados à medida que o volume entre ela diminui devido à rotação e à excentricidade do rotor, em contrapartida o outro lado do rolete aumenta o seu volume

admitindo a substância refrigerante, de modo simultâneo, temos sucção e compressão. Este modelo tem larga aplicação nos equipamentos de condicionadores de ar.

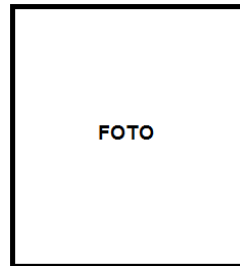


Figura 3 - Representação Compressor Rotativo

2. Quanto ao acoplamento da mecânica com a elétrica
 - a) Hermético – é o compressor em que a mecânica está acoplada a parte elétrica do motor, inseridas em uma carcaça de aço hermeticamente selada (solda), de modo que não se consegue desmontar as partes do motor. Este tipo é o mais utilizado.

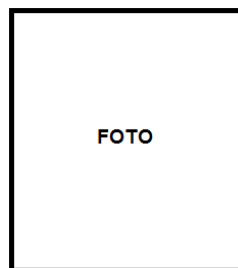


Figura 4 - Compressor Hermético

- b) Semi-Hermético – são compressores em que a elétrica está acoplada à mecânica por parafusos, permitindo a separação das partes.

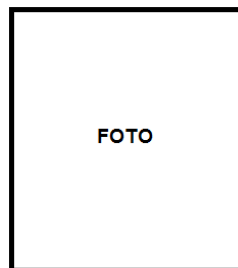


Figura 5 - Compressor Semi-Hermético

- c) Aberto – são modelos em que a mecânica é completamente separada da elétrica, e é acionada através de um sistema de polias e correias.

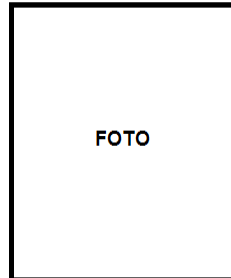


Figura 6 - Compressor Aberto

CONDENSADOR

É um componente usado para condensação de vapores aquecidos. No circuito de refrigeração é utilizado como trocador térmico para rejeitar o calor absorvido pela substância, tanto no evaporador como no processo de compressão, para a sua vizinhança fazendo o fluido atingir a temperatura necessária para a mudança de estado físico, saindo de gasoso para o líquido.

Os condensadores usados na refrigeração residencial são do tipo:

- *Estático* utiliza para o processo de troca térmica apenas a movimentação natural do ar do ambiente;
- *Forçado* onde um motor ventilador é usado para forçar a passagem do ar pelo componente;
- *Aramado* é o tipo que usa arames de aço para fixar a serpentina do condensador, que também tem a função de aumentar a área de troca;
- *Aletado* é quando chapas extremamente finas são usadas para fixar a tubulação da serpentina do condensador;

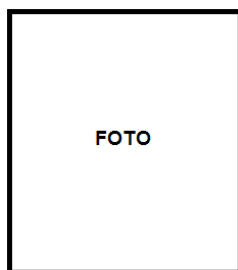


Figura 7 - Condensador Estático Aramado

Na maioria dos refrigeradores residenciais o condensador usado é do tipo estático aramado, por isso, é necessário facilitar a passagem de ar pelo trocador deixando sempre espaço que possibilite esta movimentação, caso contrário, um aumento na temperatura dificulta a mudança de estado físico, causando desequilíbrio térmico em todo sistema diminuindo sua eficiência.

FILTRO SECADOR

Como o próprio nome sugere, é o dispositivo responsável por filtrar o fluido refrigerante de partículas sólidas, como por exemplo, resíduos da tubulação e carepas resultantes do processo de brasagem (solda) na montagem do sistema e umidade presentes no sistema. Basicamente é composto por duas telas perfuradas, localizadas nas extremidades e, um elemento dessecante responsável pela absorção de umidade.

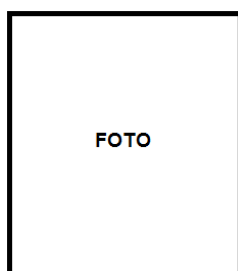


Figura 8 - Filtro Secador com Elemento Dessecante

DISPOSITIVO DE EXPANSÃO

O dispositivo de expansão é o componente que separa o sistema em alta e baixa pressão. Na maioria dos aparelhos da refrigeração residencial e aparelhos de climatização de pequenas capacidades, o dispositivo aplicado aos sistemas é o tubo capilar, um tubo de diâmetro reduzido que varia entre 0,032 a 0,050 polegadas. A alta pressão é atingida quando o freon encontra o estrangulamento do capilar que diminui a vazão do fluido provocando a elevação da pressão até atingir as condições necessárias para favorecer o processo de condensação.

Na outra extremidade localizada na entrada do evaporador, ocorre uma expansão do fluido por diferença de área proporcionando a queda de pressão e conseqüentemente de temperatura suficientes para vaporização da substância por absorção de calor da vizinhança.

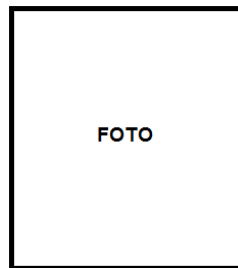


Figura 9 - Tubo Capilar 0,0032"

EVAPORADOR

É um trocador de calor que serve para vaporizar o fluido refrigerante por ebulição em baixa pressão e temperatura. O freon ao absorver calor latente de vaporização da sua vizinhança muda de estado físico passando de líquido para vapor e, retornando ao compressor que succiona este vapor, sob-baixa pressão, comprimindo-o para a tubulação de descarga em direção ao condensador reiniciando o ciclo de refrigeração.

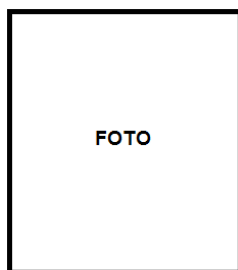


Figura 10 - Evaporador Estático

FLUIDO REFRIGERANTE

É a substância empregada como veículo de transporte do calor retirado da fonte fria (interior) para a fonte quente (exterior), popularmente conhecida por gás freon ou simplesmente refrigerante.

Os fluidos são divididos em famílias, sendo do tipo CFC (Diclorodifluorcarbono), HCFC (Hidroclorodifluorcarbono), HFC (Hidrofluorcarbono), HC (Hidrocarbonetos) e Inorgânicos.

A partir do protocolo de Montreal em 1987, que versa sobre o controle da utilização e produção de substâncias potencialmente destruidoras da camada de Ozônio, praticamente todos os países do mundo criaram políticas para diminuição de produção e importação, assim como, utilização dessas substâncias, como o caso dos CFC's e HCFC's, que contem na sua composição molecular o cloro que é o principal responsável pela degradação da camada da atmosfera.

A camada de ozônio é uma fina camada da atmosfera localizada a uma altitude de aproximadamente 12000 m acima do nível do mar, que absorve parte da energia emitida pelo sol na frequência do ultravioleta, que são raios nocivos a exposição duradoura do ser humano, podendo provocar diversos males como o desenvolvimento de câncer de pele e catarata.

Os CFC's são substâncias bastante estáveis e com potencial de ação de algumas décadas, que ao atingirem a região da estratosfera ao longo do tempo, são dissociados

por ação de raios ultravioletas, transformando-se em monóxido de cloro e radicais ativos, os quais destroem o ozônio, conforme ilustra o esquema abaixo.

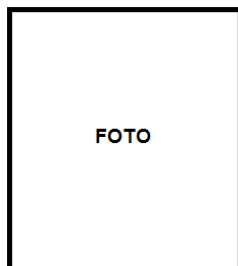


Figura 11 - Cilindro do "gás" 134^a

Para substituir os CFC's a indústria de fluidos refrigerantes criou diversos tipos de substâncias, entre elas o HFC livre do cloro e, portanto, apto a ser aplicado nos sistemas de refrigeração. Desde 2007 o Brasil, cumprindo metas estabelecidas no protocolo de Montreal, conseguiu a partir de políticas estabelecidas com os fabricantes de aparelhos de refrigeração residencial e montadoras de veículos, determinou que todo equipamento, posterior a este ano, fosse fabricado com a aplicação de substâncias alternativas aos CFC, principal substância utilizada até o momento.

A dinâmica do fluido no sistema frigorífico é produzida a partir da transferência de energia do moto compressor, convertendo energia elétrica em mecânica e, ao passar pelo condensador rejeita a somatória do calor absorvido no evaporador (calor latente de vaporização), na tubulação de retorno (calor sensível), no compressor e no processo de compressão passando de sua forma gasosa para líquida e, após sofrer expansão entra no evaporador diminuindo sua pressão e absorvendo calor para vaporização e reiniciar o ciclo.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Atualmente uma das preocupações da sociedade moderna é o consumo sustentável dos recursos naturais, dentre estas preocupações a redução no consumo de energia elétrica torna-se algo extremamente pertinente neste contexto, assim, saber a eficiência de aparelhos elétricos e máquinas passaram a ser tratado como algo relevante

na aquisição de equipamentos tanto para a indústria como para o uso residencial. Portanto, tornar o aluno num cidadão consciente para o consumo racional da energia elétrica, através da abordagem sobre eficiência energética, do ponto de vista da termodinâmica, deve ser um dos objetivos almejado pela escola.

Assim, em 1824 o Engenheiro francês, Nicolas Leonard Sadi Carnot, imaginou um ciclo ideal (ciclo de Carnot), onde a eficiência da conservação de energia térmica em trabalho mecânico seria máxima. Este ciclo é constituído por duas transformações isotérmicas T_1 e T_2 , para as temperaturas da fonte quente e fria, respectivamente. Na fonte quente ocorre uma expansão e na fria uma compressão, de modo que estas transformações são intercaladas por duas adiabáticas.

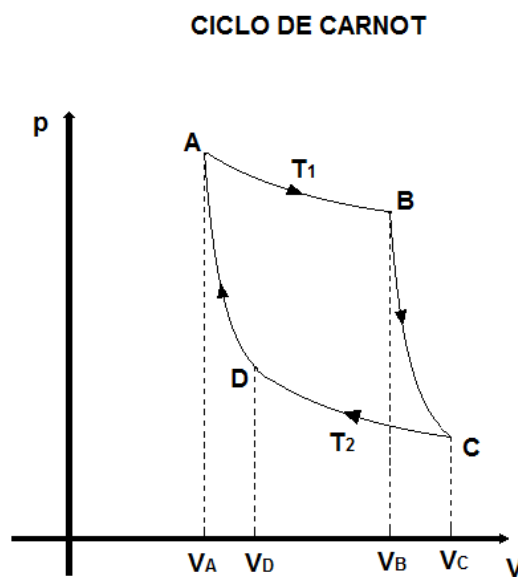


Figura 12 - Diagrama Pressão X Volume

De modo que temos as seguintes transformações para a máquina de Carnot:

- Expansão isotérmica AB onde o Fluido retira calor (energia térmica) da fonte quente;
- Expansão adiabática BC onde o Fluido não troca calor;
- Compressão isotérmica CD onde o Fluido libera Calor (energia térmica) para a fonte fria;
- Compressão adiabática DA onde o Fluido não troca calor.

As máquinas térmicas que utilizam esse tipo de ciclo são consideradas máquinas térmicas ideais. Isso ocorre por seu rendimento ser máximo dentre as demais máquinas e chega próximo de cem por cento. O teorema de Carnot divide-se em duas partes:

- Todas as máquinas que operam segundo o ciclo de Carnot tem rendimento maior que qualquer outro tipo de máquina, operando entre as mesmas temperaturas;
- Todas as máquinas de Carnot possuem o mesmo rendimento, desde que operem entre as mesmas temperaturas.

De modo particular a este tipo de ciclo foi demonstrado que as quantidades de calor trocadas com as fontes são proporcionais às respectivas temperaturas absolutas:

$$\frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_2}{T_1}$$

Onde:

T_1 - Temperatura da fonte quente (K);

T_2 - Temperatura da fonte fria (K);

Q_1 - Calor absorvido da fonte quente (J);

Q_2 - Calor liberado na fonte fria (J).

O rendimento de uma máquina térmica é que funcione segundo o ciclo de Carnot é dado por:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

No entanto, com seus estudos logo percebeu que não havia como evitar as perdas de energia térmica em qualquer máquina a vapor, o que foi base para a Segunda Lei da Termodinâmica, que diz: “é impossível transformar todo calor em trabalho”.

Eficiência Energética do Refrigerador

De acordo com o enunciado do primeiro princípio da Termodinâmica, em cada ciclo de um refrigerador a quantidade de calor liberado na fonte quente é igual a quantidade de calor absorvida na fonte fria mais o trabalho do motor compressor. Matematicamente podemos expressar da seguinte forma;

$$Q_1 = Q_2 + \tau$$

Onde:

Q_1 - calor liberado na fonte quente;

Q_2 - calor absorvido na fonte fria;

τ - trabalho realizado pelo motor compressor.

Assim, o trabalho é dado por;

$$\tau = Q_2 - Q_1$$

e, o rendimento (η) dessa máquina será dado por;

$$\eta = \frac{T}{Q}$$

Ou;

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

Que, resulta sempre em um valor menor do que 1 ou 100%.

É oportuno dizer que, se o sistema recebe calor a quantidade Q é positiva ($Q > 0$) e se o sistema cede calor, a quantidade é negativa ($Q < 0$), por isto em função da Primeira Lei da Termodinâmica é usado o módulo de Q_2 no cálculo do rendimento.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de Física*. São Paulo: Scipione, v.2, 2008.
- BOJORNO, J.R. *Física: história & cotidiano fundamental*. São Paulo: FTD. 1999.
- BRASIL, Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino Médio – 200, vol III*.
- CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. e VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.
- DELIZOICOV, D. Ensino de Física e a concepção freiriana de educação. *Revista de Ensino de Física*, v. 5, n. 2, p. 85-98, 1983.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1990.
- Física – ciência e tecnologia / Paulo César M. Penteado, Carlos Magno A. Torres. – São Paulo: Moderna, 2010.*
- FÍSICA CLÁSSICA: Terminologia, fluidodinâmica, análise dimensional / Caio Sérgio Calçada, José Sampaio. – São Paulo: Atual, 1998. – (Física Clássica)*
- FÍSICA, volume único: Livro do professor / Alberto Gaspar; ilustrações Sidnei Moura, Exata, Paulo Manzi. - - 1. ed. - - São Paulo: Ática. 2008*
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.
- REF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Física Térmica e Óptica 2. 5ª*
- LABURÚ, C.E. Fundamentos para um experimento cativante. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.
- LAGO, A.; CABRAL, F. *Física 2*. São Paulo: Harbra, v.2, 2002.
- NEWTON, V. B; RICARDO, H. D; GUALTER, J. B. *Tópicos de física, 2 : terminologia, ondulatória e óptica. Ed.18 reform. Em ampl. – São Paulo : Saraiva, 2007*
- NUSSENZVEIG, M. *Curso de Física Básica 2 - Fluidos, Oscilações e Ondas, calor. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2002.*
- OLIVEIRA, C.M.A. e CARVALHO, A.M.P. Escrevendo em aulas de ciências. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 347-366, 2005.

PIRES, ANTÔNIO S. T. *Evolução das ideias da física*. 2. Edição – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física: São Paulo: Moderna, 10 ed., v.2, 2010.*

ROCHA, J. F. M. *Origens e evolução das ideias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. pp. 355 e 256.;il

SAMPAIO, J. L; CALÇADA, C. S. *Universo da Física, 2 : hidrostática, termologia, óptica*. – 2. ed. – São Paulo: Atual. 2008. – (Coleção Universo da física)

SAUERWEIN, RICARDO ANDREAS; SAUERWEIN, INÉS PRIETO SCHMIDT. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 2: p. 812-830, jun. 812 2012.

www.educacao.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=52102&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Programas

<http://www.fem.unicamp.br/index.php/pt-br/>

CICLO DE CARNOT, www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_carnot.htm

MOREIRA, Marco Antônio; *Teorias de Aprendizagens*, EPU, São Paulo, 1995;

SCHUTZ, R. (2004). *Vygotsky Language Acquisition. English Made in Brazil*. Acessado em 31 de Agosto de 2015, disponível em <http://www.sk.com.br/sk-vygot.html>.

VIGOTSKY, L. S. COLE, M. *A Formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

VIGOTSKY, L. S. *Psicologia pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

APÊNDICE C - *Esquemas da Estrutura Metálica acrescentar as fotos*

A montagem deve ser conforme esquemas abaixo, respeitando as dimensões;

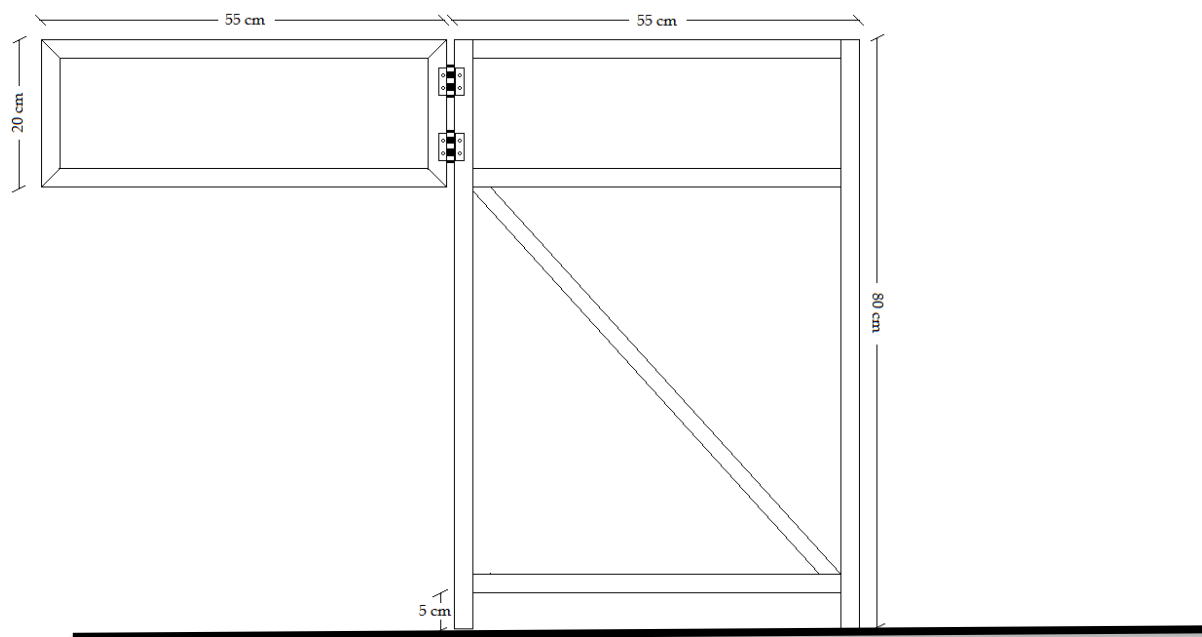


Figura 13 - Vista Frontal da Estrutura

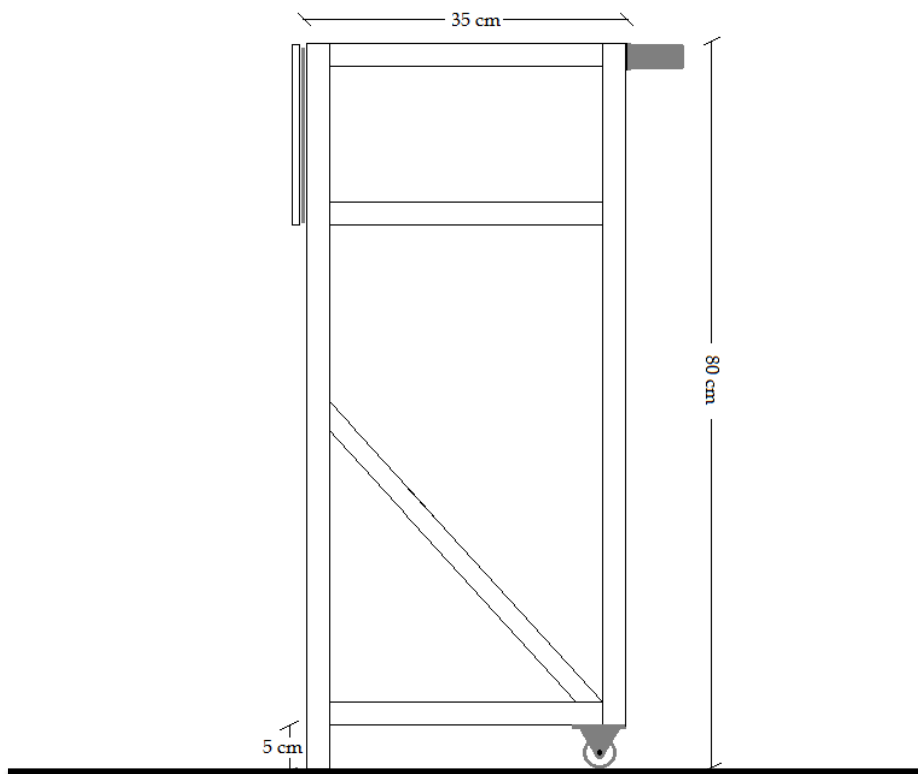


Figura 14 - Vista Lateral Posição de Repouso

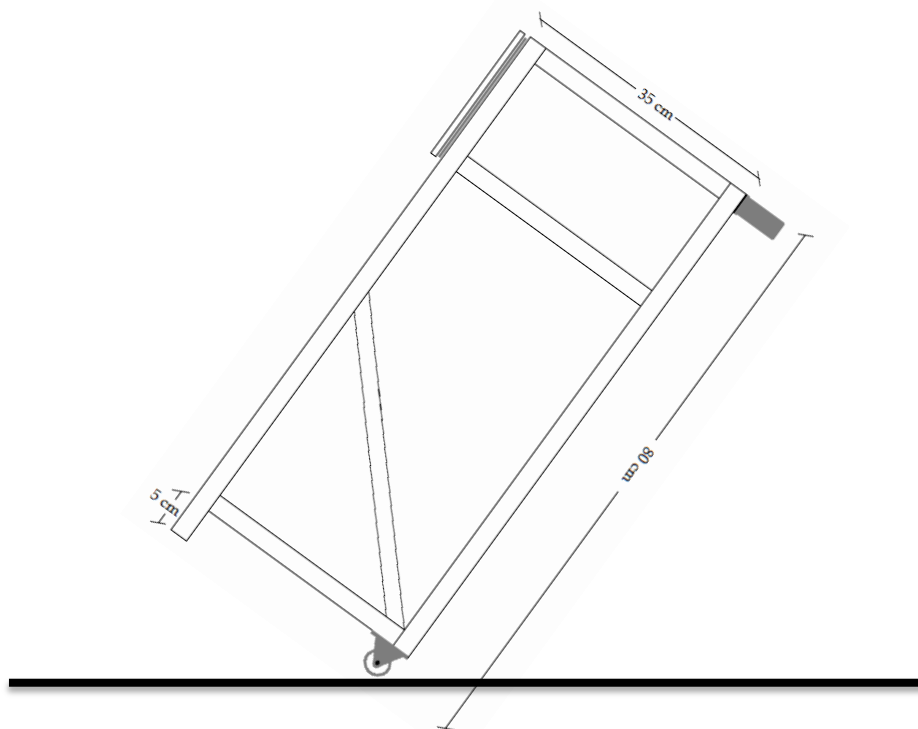


Figura 17 - Vista Lateral Posição de Transporte

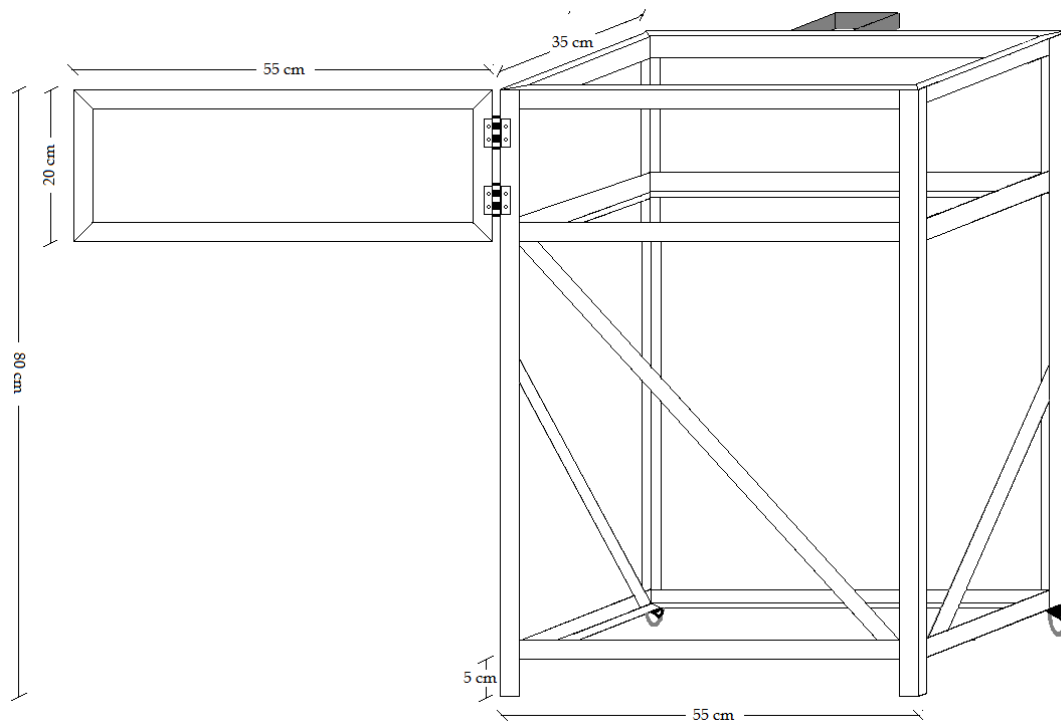


Figura 158 - visão em três dimensões

Observe que na parte posterior superior foi fixado um puxador simples e na inferior rodízio para facilitar o transporte (conforme detalhe da foto), embora toda estrutura tenha uma massa média de 6kg, o deslocamento entre as salas fica bastante facilitado e que propositalmente não foi introduzido na parte da frente para que o RD não se movimente durante a exposição.



Figura 16 - Detalhe do rodízio

No compartimento superior, fica o congelador, foi colocado policarbonato nas suas faces para acomodação do evaporador e termos uma semelhança com o

equipamento real (compartimento do freezer). Para diminuir as trocas térmicas foi aplicado silicone nas fendas.



Figura 2017 - vista do congelador (policarbonato)

APÊNDICE D - *Planilha de Custo*

Figura 18 - Planilha de custo estimado de material

Quant	Descrição	Valor Estimado (R\$)
1 unid	Compressor EM 35 Embraco 134a (usado)	50,00
1 unid	Condensador estático para frigobar 40L (usado)	10,00
1 unid	Evaporador estático para frigobar 40L (usado)	10,00
1 unid	Tubo Capilar de cobre 0,0032"	5,00
1 unid	Filtro secador universal	8,00
12m	Cantoneira de alumínio 1" x 5/32"	40,00
3m	Barra chata de alumínio 1" x 5/32"	12,00
1 rolo	Fita dupla face 10mm X 15m	10,00
½ folha	Polycarbonato transparente 2mm	35,00
2 unid	Rodízios fixo (5cm altura)	10,00
100 unid	Rebites 4mm X 20mm	5,00
2 unid	Manômetros (alta e baixa pressão para 134a)	30,00
1 unid	Porta com dobradiças – (perfil de box 20 cm X 55cm)	20,00
1 unid	Custo da mão de obra do refrigerista (instalação e carga de gás)	130,00
TOTAL ESTIMADO		375,00

APÊNDICE E - *Tabela de Ferramentas*

Figura 19 - lista de ferramentas

Esquadro;
Trena;
Arrebitador;
Lima chata;
Arco de serra;
Chave de fenda reta;
Chave de fenda cruzada (Philips);
Chave de boca 10 x 11;
Broca para aço 5/32”;
Lápis de marceneiro;
Alicate universal;
Morsa;
Bancada;
Furadeira.

É importante e, nunca é demais lembrar o uso de equipamentos de segurança individuais EPI luvas de pano, óculos e protetor auricular. Além disso, a atenção na manipulação das ferramentas para evitar acidentes.

**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DO PRODUTO EDUCACIONAL
PÓS-TESTE**

- 1- O Refrigerador é uma máquina térmica que opera em ciclos entre uma fonte quente e outra fria. Deste modo, o **Calor** flui entre estas fontes no sentido;
 - a) Da fonte quente para a fria que é o sentido Natural do fluxo do calor;
 - b) Do motor para o congelador, pois o compressor é uma fonte de calor;
 - c) Da fria para a fonte quente, promovido pelo trabalho realizado pelo motor sobre o fluido (gás);
 - d) A aumentar a energia interna do gás, pois a diferença de temperatura entre as fontes é sempre a mesma.

- 2- Dos componentes de um refrigerador, marque aquele que é responsável por absorver calor no sistema.
 - a) Condensador;
 - b) Filtro secador;
 - c) Motor;
 - d) Congelador.

- 3- De acordo com os conceitos da física, por que o congelador deve ficar na parte superior do aparelho?
 - a) Não tem nenhuma explicação física;
 - b) Para facilitar a retirada dos alimentos;
 - c) Favorece a descida do ar frio por convecção;
 - d) Por questão de segurança.

- 4- Das opções abaixo a que melhor explica a formação do gelo na superfície do congelador?
 - a) Da umidade (vapor d'água) presente no interior do congelador;
 - b) Da transformação do “gás da geladeira” em gelo;
 - c) Da química do motor em funcionamento;
 - d) Da atração do congelador de partículas do “gás da geladeira” presentes no equipamento.

- 5- Qual a relação entre pressão e temperatura do fluido (gás), levando em consideração as temperaturas das fontes quente e fria.
- Quanto maior a pressão maior a temperatura;
 - Quanto maior a pressão não se altera a temperatura;
 - Quanto maior a pressão menor a temperatura;
 - Não existe nenhuma relação entre essas grandezas.
- 6- O que ocorre com a energia interna do gás refrigerante ao ceder calor para o ar atmosférico no condensador?
- Aumenta favorecendo o processo de diminuição da temperatura;
 - Diminui favorecendo a condensação do vapor aquecido do fluido refrigerante;
 - Não interfere em nada no ciclo termodinâmico do “gás”;
 - A energia interna continua constante e favorece a evaporação do fluido refrigerante.
- 7- Considerando que uma geladeira seja instalada em um lugar sem circulação de ar pelo seu condensador. O que deverá ocorrer com o sistema?
- Nenhum efeito é percebido e nem afeta o funcionamento do sistema;
 - Aumenta a temperatura do condensador e aumenta a pressão do sistema;
 - Há uma leve melhora no rendimento do equipamento;
 - O equipamento diminui seu consumo de energia e melhora o desempenho do motor.
- 8- A Serpentina utilizada como condensador tem essa forma para favorecer a liberação de calor. O mesmo acontece com a cor preta do mesmo. Marque a opção que representa os processos de transferência de calor devido a forma e a cor, respectivamente.
- Condução e radiação;
 - Convecção e convecção;
 - Radiação e condução;
 - Condução e condução;
- 9- Nas geladeiras comuns a formação excessiva de gelo aumenta o consumo de energia. A partir dos conceitos de termodinâmica isto ocorre por que:
- Aumenta o consumo, tendo em vista que a formação excessiva de gelo no congelador dificulta as trocas térmicas;

- b) Representar uma diminuição da temperatura interna do equipamento;
- c) Manter a temperatura constante e uniforme entre a parte superior e inferior do refrigerador;
- d) Diminuir o consumo já que a formação de gelo aumenta no equipamento.

10 – Em uma geladeira podemos observar que a parte de traz do aparelho é bastante quente (aproximadamente 45 °C). Qual a origem do calor liberado pelo condensador em um refrigerador residencial?

- a) Do próprio ambiente externo que circula o ar quente que fica em contato com o componente;
- b) Da soma do calor do congelador com o fornecido pelo motor;
- c) Somente do motor que ao funcionar fica com a temperatura muito elevada;
- d) Apenas do congelador.