

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**JOÃO PAULO PROCÓPIO DE AGUIAR**

**O ESTUDO DA TERMODINÂMICA UTILIZANDO COMO OBJETO DE ENSINO-  
APRENDIZAGEM O MODELO DO MOTOR DE COMBUSTÃO E DE UM  
REFRIGERADOR**

**FORTALEZA**

**2018**

JOÃO PAULO PROCÓPIO DE AGUIAR

O ESTUDO DA TERMODINÂMICA UTILIZANDO COMO OBJETO DE ENSINO-  
APRENDIZAGEM O MODELO DO MOTOR DE COMBUSTÃO E DE UM  
REFRIGERADOR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A229e Aguiar, João Paulo Procópio de.

O estudo da Termodinâmica utilizando como objeto de ensino-aprendizagem o modelo do motor de combustão e de um refrigerador / João Paulo Procópio de Aguiar. – 2018.

114 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona.

1. Ensino de Física. 2. Termodinâmica. 3. Calor. 4. Temperatura. 5. Máquinas térmicas. I. Título.

CDD 530.07

---

JOÃO PAULO PROCÓPIO DE AGUIAR

O ESTUDO DA TERMODINÂMICA UTILIZANDO COMO OBJETO DE ENSINO-  
APRENDIZAGEM O MODELO DO MOTOR DE COMBUSTÃO E DE UM  
REFRIGERADOR

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 31/08/2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Afrânio de Araújo Coelho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)  
(Examinador interno)

---

Prof. Dr. Luís Gonzaga Rodrigues Filho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)  
(Examinador externo ao programa)

FORTALEZA

2018

Primeiramente, a Deus.

Aos meus pais, esposa, filhos e amigos.

# AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço muito a Deus, que me deu forças e saúde para conseguir executar e concluir este trabalho tão gratificante.

Agradeço muito à minha esposa Flávia, aos meus filhos Mateus e Maria Júlia, que souberam ser compreensivos nas horas de privação do lazer, pelos momentos em que tive que me debruçar sobre a dissertação e o Produto Educacional para concluí-los em tempo hábil e da maneira correta. E lhes agradeço também pelo apoio incondicional.

Agradeço também muito aos meus pais, Luís e Rosa, primeiramente pelo dom da vida e por sempre terem sido incentivadores incondicionais dos meus estudos e dos meus aperfeiçoamentos na minha profissão de professor de Física, profissão que abraço com tanto amor e realização. Gostaria de agradecer à minha irmã Roseane Procópio por todo apoio, principalmente nos momentos mais difíceis e pelos seus conselhos e orações. Agradeço também a todos os meus familiares (tios, sogra, cunhados e primos) que tanto me apoiaram na realização deste sonho.

Também devo meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, o Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona, pelas grandes ideias que me deu, pela compreensão e paciência em todos os momentos, pelos grandes conselhos e pelo seu modo tão objetivo e experiente de encontrar soluções para os desafios que tivemos no desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Luís Gonzaga Rodrigues Filho por todo incentivo a fazer meu Mestrado, desde quando fui seu aluno na UECE. Muito obrigado pela sua amizade, pela sua atenção comigo e pelas grandes lições para toda vida, com o seu próprio exemplo de educador.

Meu muito obrigado a todos os nossos professores do MNPEF por todos os ensinamentos que nos transmitiram, por toda dedicação incondicional e por todo o saudável clima de amizade que cultivaram em cada uma de suas aulas. Gostaria de agradecer, de modo especial, ao Prof. Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida por toda a sua atenção conosco e por toda a sua dedicação junto à coordenação deste Mestrado.

Quero agradecer também aos amigos e professores Ulisses Sampaio, Célio Normando e Élder Vidal, que foram tão grandes incentivadores a eu fazer este Mestrado, sempre com palavras de apoio, força, a vocês meu muito obrigado.

Finalmente, quero agradecer a todos os grandes amigos com quem tive o prazer de cursar este Mestrado, grandes amigos que fiz e levarei para toda vida. Muito obrigado pelo clima tão agradável de amizade, ajuda, apoio que sempre tivemos uns com os outros.

Que Jesus e Maria os abençoem sempre!!!

“Se algum dia vocês forem surpreendidos pela inveja ou pela ingratidão, não deixem de crer na vida, de engrandecê-la pela decência, de construí-la pelo trabalho”.

Edson Queiroz

## RESUMO

### O ESTUDO DA TERMODINÂMICA UTILIZANDO COMO OBJETO DE ENSINO-APRENDIZAGEM O MODELO DO MOTOR DE COMBUSTÃO E DE UM REFRIGERADOR

Este trabalho surgiu de uma necessidade que tem sido cada vez mais comum no Ensino Médio, que é a da contextualização dos temas estudados em sala de aula. Normalmente, verifica-se que, ao se ensinar Física, muitas equações e conceitos são apresentados, mas ficam diversas vezes distantes do dia-a-dia do aluno, o que torna, para alguns deles, a Física uma disciplina difícil de ser aprendida e até desinteressante de ser estudada. Dessa forma, para desmistificar tudo isso, resolveu-se desenvolver um pequeno livro de Termodinâmica (Produto Educacional), destinado tanto aos professores como aos alunos, apresentando como objeto de ensino-aprendizagem o modelo do motor de um automóvel e do motor de um refrigerador. Nesse produto educacional, foram escolhidos vários tópicos interessantes, a destacar: o motor de combustão interna; entendendo o funcionamento do motor (motor à gasolina, à álcool e à diesel); automóveis e a sociedade; cuidados para um bom funcionamento do motor; efeito estufa; o refrigerador; entendendo a refrigeração. Dessa forma, pode-se desenvolver um estudo sobre os principais conceitos termodinâmicos (calor, temperatura, etc.) de maneira integrada a vários temas transversais (meio ambiente, ecologia, impactos ambientais dos meios de transporte e do uso dos combustíveis fósseis, etc.). Além disso, apresentam-se também sugestões de leituras complementares, de experiências simples para feiras de ciências e uma ampla lista de exercícios integrados ao estilo ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Assim, acredita-se que é possível nortear mais o processo de ensinar e aprender com essa motivação, pois tratam-se de temas realmente interessantes e que podem despertar a grande “chave” para se desejar realmente aprender: a curiosidade. Pretende-se, com isso, tornar o espaço da sala de aula um espaço realmente dialógico e não monológico, mostrando ao aluno a grandiosidade que a ciência Física apresenta e sua integração com outras áreas.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Termodinâmica. Calor. Temperatura. Experimentos termodinâmicos. Máquinas térmicas. Ciclos termodinâmicos.



## ABSTRACT

### THE STUDY OF THERMODYNAMICS USING AS A TEACHING-LEARNING OBJECT MODEL OF THE COMBUSTION ENGINE AND A REFRIGERATOR

This work arose from a need that has been increasingly common in High School, which is the contextualization of the subjects studied in the classroom. Normally, when teaching Physics, many equations and concepts are presented, but they are several times distant from the student's daily life, which makes for some of them physics a difficult discipline to be learned and even uninteresting to be studied. Thus, to demystify all this, we decided to develop a small book of Thermodynamics (Educational Product), intended for both teachers and students, presenting as teaching-learning object the model of an automobile engine and the engine of a refrigerator . In this educational product, several interesting topics were chosen, namely: the internal combustion engine; understanding the operation of the engine (gasoline, alcohol and diesel engine); cars and society; care for proper engine operation; greenhouse effect; the refrigerator; understanding the refrigeration. In this way, a study on the main thermodynamic concepts (heat, temperature, etc.) can be developed in an integrated way to several cross-cutting themes (environment, ecology, environmental impacts of means of transport and use of fossil fuels, etc.). ). In addition, suggestions for complementary readings, from simple experiments to science fairs and an extensive list of ENEM (National High School Examination) exercises are presented. Thus, it is believed that it is possible to guide more the process of teaching and learning with this motivation, because they are really interesting themes and that can awaken the great "key" if you really want to learn: curiosity. It is intended, therefore, to make the space of the classroom a really dialogical and not monological space, showing the student the greatness that Physical science presents and its integration with other areas.

**Keywords:** Physics Teaching. Thermodynamics. Heat. Temperature.

Thermodynamic experiments. Thermal machines. Thermodynamic cycles.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vídeo sobre como funciona um motor de combustão .....	43
Figura 2: Vídeo sobre a História dos motores .....	45
Figura 3: Esquema do funcionamento de um motor a diesel.....	46
Figura 4: Esquema do funcionamento de um refrigerador. ....	47
Figura 5: Convecção térmica na geladeira e na sala com ar condicionado .....	48
Figura 6: Apresentação do vídeo do Motor de combustão a 1ª. série do Ens. Médio.....	50
Figura 7: Apresentação do vídeo do Motor de combustão a 3ª. série do Ens. Médio.....	50
Figura 8: Aula teórica sobre 2ª. lei da Termodinâmica (Máq. térmicas e refrigeradores).....	52
Figura 9: Aula teórica sobre 2ª. lei da Termodinâmica (Máq. térmicas e refrigeradores).....	52
Figura 10: Selo PROCEL apresentado na aula sobre 2ª. lei da Termodinâmica .....	53

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
EM	Ensino Médio

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2. O ENSINO DA FÍSICA E ALGUMAS DE SUAS PRINCIPAIS DIFICULDADES .....</b>	<b>19</b>
<b>3. MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM COMO FERRAMENTA AUXILIAR DAS AULAS, EXERCÍCIOS E AVALIAÇÕES.....</b>	<b>24</b>
3.1. A matriz de referência do ENEM para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	24
3.2. Matriz de Referência: Eixos cognitivos, competências e habilidades .....	25
3.2.1. Eixos cognitivos .....	25
3.2.2. Competências e habilidades.....	27
3.2.2.1. Competência de área 1 .....	28
3.2.2.2. Competência de área 2 .....	30
3.2.2.3. Competência de área 3 .....	32
3.2.2.4. Competência de área 4.....	33
3.2.2.5. Competência de área 5 .....	35
3.2.2.6. Competência de área 6.....	37
3.2.2.7. Competência de área 7 .....	39
3.2.2.8. Competência de área 8.....	40
<b>4. ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR NO USO DO PRODUTO EDUCACIONAL (TUTORIAL).....</b>	<b>42</b>
4.1. Conteúdo programático de Termologia no Ensino Médio.....	42
4.2. Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura .....	42
4.3. O Motor de combustão e a Termodinâmica .....	44
4.4. Os Refrigeradores e a Termodinâmica .....	46
4.5. Construindo a aprendizagem – Seção de exercícios .....	49
<b>5. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA ...</b>	<b>50</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>54</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
<b>8. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cada dia, tem-se notado um crescente desinteresse por parte dos alunos em relação à disciplina Física. Se pararmos para refletir um pouco acerca das possíveis razões, poderíamos indicar fatores como: o desenvolvimento da aprendizagem da Física de um ponto de vista mais matemático do que fenomenológico; a própria dificuldade dos alunos com a Matemática que está tão presente na Física, assim como em muitas outras áreas do conhecimento; a quase total ausência da experimentação em sala de aula como recurso complementar para mostrar de maneira mais concreta uma série de fenômenos, muitas vezes um tanto abstratos, o que dificulta o próprio desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina que acaba sofrendo o estigma de “terror” para os alunos e se torna algo desinteressante de ser aprendido e, por que não dizer, de ser ensinado.

Quando se fala em Física, é quase que impossível separá-la da Matemática. São realmente duas áreas que caminham juntas, lado a lado, sendo uma essencial à outra. De acordo com Silveira (2002), um problema muito sério é que, nas últimas décadas, tem-se verificado um crescente aumento das taxas de reprovação em Matemática e em Física nas mais diversas escolas do Brasil. Sabe-se que as equações matemáticas são essenciais para descrever uma lei física, mas nunca deveriam ser colocadas em primeiro plano quando se vai ensinar um dado assunto de Física e isso, certamente, tem sido uma das fortes razões para tantos alunos não gostarem de estudar Física. Não se está culpando a Matemática, de maneira alguma, mas sim enaltecendo que um alternativo caminho seria, primeiramente, o desenvolvimento do conceito físico em si, através de aplicações bem próximas à realidade do aluno, como, por exemplo: experiências de Física, principalmente as de baixo custo; simulações computacionais, já que a informática faz parte do cotidiano da maioria dos alunos; vídeos do *YouTube*, dentre outros. Enfim, hoje realmente existem muitas ferramentas pedagógicas através das quais os conceitos físicos podem ser trabalhados em sala de aula ou até mesmo fora dela. Posteriormente, ao serem mostradas as equações matemáticas relacionadas a um dado tema, certamente elas fariam mais sentido na mente dos alunos.

É inegável que existem certos conceitos físicos um tanto abstratos. Disso decorre, então, para o professor, uma nítida percepção de que a linguagem puramente verbalizada não se mostra suficiente para a completa formação da aprendizagem do aluno no que diz respeito a um dado tema, e, dessa forma, acredita-se que a fundamentação teórica não pode estar separada da prática experimental, como afirmam Lawson & McDermott (1987):

“Não é de admirar falhas na aprendizagem, se conceitos complexos e difíceis de visualizar só forem apresentados de uma forma verbal ou contextual. Devem ser divulgadas e encorajadas técnicas de instrução atraentes que coloquem a ênfase na compreensão qualitativa dos princípios físicos fundamentais”. (Lawson & McDermott, 1987)

Os conhecimentos prévios são essenciais como ferramentas no processo de ensino-aprendizagem. Suas devidas aquisições, junto aos alunos, podem se constituir em um interessante caminho para o professor e para o aluno tornarem a sala de aula um espaço efetivamente dialógico e não monológico. Seria um grande erro, por parte dos professores, subestimar as experiências pessoais dos estudantes, uma vez que a educação ocorre através da própria experiência do estudante. De acordo com Ausubel (2003):

“Por conseguinte, parece aparente que não só a presença de ideias ancoradas claras, estáveis, discrimináveis e relevantes na estrutura cognitiva é o principal fator de facilitação da aprendizagem significativa, como também a ausência de tais ideias constitui a principal influência limitadora ou negativa sobre a nova aprendizagem significativa. Um destes fatores limitadores é a existência de ideias preconcebidas erradas, mas tenazes. Contudo e infelizmente, tem-se feito muito pouca investigação sobre este problema crucial, apesar do fato de que a não aprendizagem de ideias preconcebidas, em alguns casos de aprendizagem e retenção significativas, pode muito bem provar ser o único e mais determinante e manipulável fator na aquisição e retenção de conhecimentos de matérias”. (AUSUBEL, 2003, p. 155).

Neste trabalho, pretende-se mostrar uma forma alternativa de se ensinar Física. No caso, foi escolhido o amplo ramo da Termodinâmica. Para que os

principais conceitos termodinâmicos (como o de calor, temperatura e entropia) possam ser bem desenvolvidos, serão utilizados, como objetos de ensino-aprendizagem, os modelos do motor de um automóvel e do motor de um refrigerador, que são equipamentos presentes no cotidiano da maioria dos alunos. Dessa forma, pretende-se, através deles, ir desenvolvendo os temas pertinentes ao curso de Termologia do Ensino Médio, mas de uma maneira muito bem conectada à realidade do aluno, pois, à medida que o próprio tema for sendo desenvolvido, outros associados a ele vão naturalmente sendo integrados.

O MEC (Ministério da Educação) está desenvolvendo a BNCC (Base Nacional Comum Curricular). De acordo com o MEC (2018):

“A **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)** é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Conforme definido na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), a Base deve nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de todas as escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em todo o Brasil. A Base estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica. Orientada pelos princípios éticos, políticos e estéticos traçados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, a Base soma-se aos propósitos que direcionam a educação brasileira para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva”. (MEC, 2018)

Com o surgimento da BNCC, haverá cada vez mais a necessidade dessa integração entre os temas. Por exemplo, quando se fala sobre o motor de um automóvel, descreve-se um ciclo termodinâmico específico, o que acontece em cada etapa, que formas de energias são envolvidas, dentre outros, mas, naturalmente, fala-se em poluição, efeito estufa, inversão térmica, o que já cria uma conexão com o tema de propagação de calor, da matriz curricular do Ensino Médio, ou seja, acaba-se por fazer um curso de Física com os assuntos todos integrados.

Essa abordagem específica terá como Produto Educacional um livro de Termodinâmica em que se pretende que ele haja como uma “semente”, um

incentivo, para que os professores possam realizar esse tipo de integração com outras áreas da Física e até de outras ciências, sejam elas exatas ou até mesmo humanas. Acredita-se que, com isso, será possível o ensino da Física no Brasil se aproximar mais do propósito há tempo pretendido nos PCN's (Parâmetros Curriculares Nacionais):

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

De que adianta estudar Física e não conectá-la, antes de mais nada, à realidade do aluno como pessoa e às várias tecnologias com as quais convive em seu dia-a-dia? Infelizmente, a prática tão conteudista do ensino de Física, sem muitas vezes exercer esse papel integrador com a tecnologia e a sociedade, fazem com que essa ciência pareça algo difícil de ser compreendida, quando, na realidade, ela está muito mais presente em nosso cotidiano do que se pode imaginar.

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

Enfim, o mundo mudou e continua a mudar e, dessa forma, as práticas pedagógicas também necessitam de mudanças, com novas metodologias integradas à realidade das novas tecnologias. Precisa-se, como professor, sair da “zona de conforto” de aulas tão conteudistas e repletas de fórmulas e mostrar ao aluno que a Física é fascinante e que é essencial na busca por explicações e inovações nas mais diversas áreas da ciência, da tecnologia e da sociedade.

O objetivo maior deste trabalho é procurar tornar as aulas de Física mais instigantes, tanto para os alunos da educação básica como para o professor, despertando, antes de mais nada, a curiosidade, de modo a tornar a aula mais dinâmica, interessante, agradável e proveitosa, mas não se pretende abrir mão da utilização de equações e demonstrações, mas sim dar um enfoque mais integrador



que faça mais sentido para o aluno, ou seja, fórmulas como consequências e não como causas de tudo.

No segundo capítulo, intitulado “**O Ensino da Termodinâmica e suas principais dificuldades**”, será feita uma análise de algumas das maiores dificuldades que, nos últimos anos, tem-se encontrado no processo de ensino-aprendizagem de Física, ressaltando a necessidade da visualização mais concreta dos temas estudados na Termodinâmica. Será feita também uma descrição dos principais recursos didáticos e metodológicos utilizados no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

No terceiro capítulo, intitulado “**Matriz de referência do ENEM como ferramenta auxiliar das aulas, exercícios e avaliações**”, faz-se uma análise detalhada da Matriz de Referência do ENEM para as Ciências da Natureza. Propõe-se utilizar cada uma das competências e habilidades, presentes nessa matriz, como ferramentas didático-metodológicas que poderiam inspirar o professor sobre como conduzir seu discurso durante a própria aula, como se a matriz fosse uma espécie de planejamento bem focado no que se quer realmente avaliar. Então, serão propostas, para cada uma das habilidades, algumas sugestões de temas a serem explorados nas aulas e de que maneira o professor poderia explorá-los de modo a despertar a curiosidade e o interesse do aluno.

No quarto capítulo, intitulado “**Orientações para o professor no uso do Produto Educacional (Tutorial)**”, será desenvolvido um “guia pedagógico”, no formato de tutorial, para orientar os professores utilizadores do Produto Educacional em como poderiam utilizá-lo em suas aulas. No Produto Educacional, há seções teóricas, nas quais são abordados os aspectos mais formais dos assuntos, há também muitas sugestões de *links* interessantes para o aluno e o professor acessarem e complementarem seus estudos, há também muitos exercícios de aplicação dos conhecimentos adquiridos com as aulas ministradas, dentre muitos outros itens motivadores que também fazem parte do Produto Educacional aqui desenvolvido. Esse tutorial será de grande importância porque funcionará como uma espécie de manual do professor, orientando-o, através de sugestões, a como melhor explorar o livro (Produto) elaborado neste trabalho.

No quinto capítulo, intitulado “**Relato da aplicação do Produto Educacional em sala de aula**”, será relatada como foi a experiência de ter sido aplicado o Produto educacional em duas turmas, uma de 1ª. série e outra de 3ª.

série, ambas do Ensino Médio. O mais interessante desse capítulo será a exposição de um conjunto de perguntas feitas pelos próprios alunos motivados pelo uso do Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

No sexto capítulo, serão feitas as considerações finais acerca do trabalho desenvolvido com a aplicação do Produto Educacional e que conclusões se pôde obter com esse estudo didático-metodológico.

No sétimo capítulo, serão apresentadas as referências bibliográficas que serviram de base para o desenvolvimento do presente trabalho e do Produto Educacional.

No oitavo capítulo, haverá um apêndice contendo o Produto Educacional desenvolvido neste trabalho. Nesse Produto, será possível observar os vários recursos didático-metodológicos utilizados para favorecer o processo de ensino-aprendizagem da Física Térmica.

## 2. O ENSINO DA FÍSICA E ALGUMAS DE SUAS PRINCIPAIS DIFICULDADES

Quando se ensina Física, sem sombra de dúvida, uma das grandes dificuldades que é encontrada é a concretização na mente do aluno de alguns conceitos que possam ser mais abstratos. E isso acaba refletindo no desempenho de grande parte dos estudantes nos mais diversos tipos de exames de Física e até de outras áreas (Bonadiman & Nonenmacher, 2007). Para Bonadiman & Nonenmacher (2007), o baixo desempenho dos alunos no que diz respeito às avaliações, sejam elas internacionais ou nacionais, do tipo ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), se faz visível em todas as áreas do conhecimento, mas principalmente na área das Ciências da Natureza, o que demonstra que se aprende pouca Física nas escolas, e o pior é que normalmente “se aprende a não gostar dela”. Existe uma preocupação em se “matar” a curiosidade inerente a praticamente todos os jovens que acessam o Ensino Médio, vindos do Ensino Fundamental, no que diz respeito aos conteúdos que aprenderão na Física, com um tratamento inadequado, com pouco tempo de aprendizado em sala de aula e quase nada das aplicações da Física no cotidiano. Além disso, os autores ainda enumeram outras dificuldades, tais como:

[...] a pouca valorização do profissional do ensino, as precárias condições de trabalho do professor, a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado”. (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, p.196-197)

No caso particular da Termodinâmica, muitas vezes é percebida, por exemplo, certa confusão por parte dos alunos, até mesmo de nível de graduação,

entre os conceitos de calor e o de temperatura, conforme evidencia um estudo realizado por Caldeira & Martins (1990):

“Numa primeira leitura, é flagrante a confusão entre os dois conceitos em jogo. Além disso, parece-nos verdadeiramente espantoso que alunos neste nível de ensino tenham a ideia de que a temperatura é a medida do calor do corpo (independentemente do significado que atribuem à palavra calor). É frequente lerem-se justificativas que afirmam que um corpo possui calor até que se faça uso do termômetro; depois, passa a ter temperatura”. (CALDEIRA & MARTINS, 1990)

Com o intuito de esclarecer mais certos conceitos, como é o caso de calor e de temperatura, é que se propõe, com este trabalho, uma metodologia alternativa. Nela, pretende-se realizar um estudo da Termodinâmica de um modo mais visual, concreto e próximo à realidade do aluno, através de objetos de ensino-aprendizagem. No caso, serão usados os motores de um automóvel e de um refrigerador. Mas, como fazer isso? A ideia inicial, como será detalhadamente descrito mais à frente neste trabalho, é começar mostrando ao aluno como funciona um motor de quatro tempos, desde o momento em que o combustível entra no sistema para liberar a energia inicial, passando por toda a geração de movimento para o automóvel, até terminar com a liberação da “sobra” de energia para a vizinhança.

O uso de vídeos, principalmente do *YouTube*, tem-se mostrado uma ferramenta muito eficaz e objetiva na exposição de maneira mais concreta do funcionamento de certos sistemas, como os que se propõe utilizar neste trabalho. Conclui Kamers (2013), citando SILVA (2010):

“Assim o *YouTube* e o seu potencial interativo podem ser usados pelos professores de Física para que, ao fazê-lo de forma criativa, possam romper com a lógica da transmissão e abrir espaço para o exercício da participação genuína, isto é, participação sensório-corporal e semântica e não apenas mecânica”. (SILVA, 2010b, p.3).

Dessa forma, tem-se uma maneira bastante concreta de exemplificar os processos de conversão energética do calor, bem como entender melhor sua própria natureza como forma de energia que é. Em outras palavras, se os conhecimentos

prévios são tão importantes, como afirma Ausubel (2003), seria interessante uma moldagem deles usando uma ferramenta tecnológica de vídeo tão próxima ao cotidiano do aluno, como é realmente o *YouTube*.

O *YouTube*, como foi citado anteriormente, é apenas uma alternativa, dentre várias que se poderia citar, mas uma coisa é fato: vive-se um momento em que nossos jovens são verdadeiros “nativos digitais”, jovens realmente rodeados 24 horas de tecnologias dos mais diversos tipos: computadores, celulares com seus milhares de *apps*, internet móvel e de alta velocidade, telas *touch screen*, dentre outras. Enfim, todas tecnologias que podem (e devem) ser mais exploradas pelos professores de ciências. Segundo Kamers (2013):

“Nossos jovens, os nativos digitais, não têm medo de experimentar, de testar novas possibilidades, preferem aprender com a prática, durante o processo, ao invés de ler nos manuais sobre o funcionamento de algo.”  
(KAMERS, 2013)

E é essa certa falta de paciência que tem se mostrado uma das maiores incentivadoras da necessidade de uso de novas ferramentas metodológicas. É notável que o tempo de concentração dos alunos num dado tema tem diminuído nas últimas décadas, como afirma BOCK (2011):

“O tempo que um estudante consegue prestar atenção durante uma aula é menor do que muitos imaginam. (...) a educadora americana Tracey Tokuhama-Espinosa (...) revela que a capacidade do aluno de reter informações se esgota em apenas 10 ou 20 minutos. A conclusão decorre de observações feitas em sala de aula e de estudos realizados nas áreas da psicologia e neurociências. (...) Tracey relatará experiências e técnicas que podem ajudar a prolongar o interesse estudantil. A principal dica é trocar de assunto a cada 20 minutos, levando o cérebro a renovar a atenção direcionada à aula”. (BOCK, 2011)

No entanto, o que poderia ser encarado como uma dificuldade pode ser, na realidade, usado como um aliado, já que esse jovem “nativo digital” tem uma notável facilidade de descobrir como as coisas funcionam simplesmente operando-as e, assim, vão construindo uma espécie de “manual de uso” mental de seus *smartphones*, *tablets*, aplicativos e muitas outras tecnologias e seus recursos.

O Produto Educacional deste trabalho visa exatamente a incentivar o professor a criar uma verdadeira “teia de conhecimento” onde tudo esteja realmente interligado. O motor de automóvel e o motor de refrigerador atuam, neste produto, mais como “personagens”, objetos mesmo de ensino-aprendizagem, de modo a permitir ao aluno e ao professor um verdadeiro diálogo sobre o tema, tornando-o, antes de mais nada, instigante, aplicado e natural para o aluno. Assim, pretende-se que o aluno realmente aprenda Termodinâmica, mas, acima de tudo, aplique-a verdadeiramente à sua vida, ao seu cotidiano.

Além disso, não se pode deixar de mencionar que se pretende que o uso desse Produto Educacional pelo professor seja também um incentivo à própria prática pedagógica, mostrando ao educador a importância de caminhar, em sua docência, seguindo as novas tendências da própria ciência, tecnologia e sociedade. Não se pode ficar estagnado em pleno século XXI, ensinando como se tudo isso que existe, em termos de tecnologia da informação, não existisse e não fizesse tão parte da vida dos alunos e também dos próprios professores.

Para incentivar essa interatividade e esse dinamismo, procurou-se desenvolver o livro em que se constitui o Produto Educacional com várias ferramentas, a começar pelo próprio formato digital (*e-book*), que permitiu a criação de *links* clicáveis que dão acesso a vídeos aos temas abordados ao longo do livro. Mas, é importante destacar, que não se deixou totalmente de lado a “marca tradicional”: o livro tem vários textos, tem várias fórmulas, tem exercícios dos mais diversos estilos, mas está conectado às novas tendências do processo ensino-aprendizagem, por ter sugestões de vídeos do *YouTube* em *links* clicáveis pelo próprio usuário, sugestões de experimentos de baixo custo (para incentivar a experimentação em sala de aula ou até mesmo em casa), sugestões de leituras complementares (em que os temas possam ser mais explorados), dentre outros recursos e métodos que possam auxiliar nas aulas. Além disso, pretende-se que, com a riqueza gráfica do livro, com imagens cuidadosamente escolhidas e preparadas, aluno e professor possam construir, da maneira o mais concreta possível, o processo de ensino-aprendizagem de forma realmente eficaz e conectada com a realidade.

No quarto capítulo deste trabalho, o uso do Produto Educacional pelo professor junto aos seus alunos será mais detalhado e, conseqüentemente, será

possível observar algumas das ferramentas tecnológicas e metodológicas sugeridas no próprio Produto Educacional.

### **3. MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM COMO FERRAMENTA AUXILIAR DAS AULAS, EXERCÍCIOS E AVALIAÇÕES**

O INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira) desenvolveu uma matriz de referência para o ENEM que contém uma série de competências e habilidades muito interessantes e que podem atuar como ferramentas auxiliares para as próprias aulas, exercícios e outras atividades.

Como o que se pretende é que realmente o aluno aprenda Física e consiga conectá-la à sua vida e ao seu cotidiano, deseja-se resgatar o interesse dos discentes e também dos docentes e oferecer uma liberdade e dinamismo maiores ao processo de ensinar e aprender, como embasa o Art. 3º (II, III e IX) da LDB:

O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

II - liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;

III - pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas;

IX - garantia de padrão de qualidade; (BRASIL, 1996)

A ideia de se usar a matriz de referência do ENEM é mais para sugerir um caminho alternativo para o professor em sua prática pedagógica. Esse documento, muito bem elaborado pedagogicamente, traça objetivos bem interessantes que poderiam ser usados no planejamento das aulas a serem ministradas. Nos próximos itens, será feita uma descrição mais detalhada dessas competências e habilidades e como elas poderiam ser identificadas nas mais diversas áreas da Física.

#### **3.1. A matriz de referência do ENEM para as Ciências da Natureza e suas Tecnologias**

No site do INEP (INEP, 2012), encontra-se a seguinte informação acerca das Matrizes de Referência para o ENEM:

“O termo matriz de referência é utilizado especificamente no contexto das avaliações em larga escala, para indicar habilidades a serem avaliadas em cada etapa da escolarização e orientar a elaboração de itens de testes e



provas. Além disso, também indica a construção de escalas de proficiência que definem o que e o quanto o aluno realiza no contexto da avaliação”. (INEP, 2012)

Como se pode perceber, a matriz de referência do ENEM tem um caráter mais avaliativo, indicando as habilidades a serem avaliadas em cada etapa do próprio processo de ensino-aprendizagem. A partir das próprias avaliações realizadas pelos professores junto aos seus alunos, pretende-se ir identificando, em cada turma em particular, como estão os conhecimentos prévios dos alunos, como estão sendo desenvolvidas a aprendizagem e a aplicação prática dos conceitos estudados em sala de aula, enfim, são inúmeras as possibilidades que se pode ter com uma matriz tão pedagogicamente vasta, mas sempre destacando que essa seria apenas uma das várias alternativas metodológicas.

Uma das motivações para essa proposta (e, quem sabe, escolha) de roteiro pedagógico para o professor está na atual conjuntura do processo avaliativo. Nos últimos anos, o ENEM tem se disseminado como substituto parcial e, muitas vezes, até integral de vários vestibulares por praticamente todo o território nacional (UOL, 2018).

### **3.2. Matriz de Referência: Eixos cognitivos, competências e habilidades**

#### **3.2.1. Eixos cognitivos**

De acordo com a proposta do INEP, a Matriz de Referência para o ENEM apresenta uma espécie de “coluna dorsal” à qual todas as áreas do conhecimento devem estar ligadas: é o que chamamos de **eixo cognitivo**.

No *site* do INEP (INEP, 2012), é apresentada a seguinte descrição detalhada dos eixos cognitivos:

“As novas Matrizes de Referência para o Enem apresentam os seguintes eixos cognitivos comuns a todas as áreas:

**I. Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.

**II. Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

**III. Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

**IV. Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

**V. Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural”.

(INEP, 2012)

Pela leitura, podemos notar como é abrangente a Matriz de Referência do ENEM. São 5 eixos cognitivos que poderiam ser usados pelo professor como norteador do próprio discurso em sala de aula. Acreditamos que, com os objetivos bem definidos, é possível se realizar uma aula mais agradável, de conteúdo, rica em aplicações do dia-a-dia e, com a qual, almeja-se melhorar realmente o processo de ensino-aprendizagem.

O ensino não deve ser usado para simplesmente preparar um aluno para fazer uma prova de vestibular e ingressar numa universidade. Tudo que se aprende tem que ter realmente um propósito e esse propósito tem que ser realmente uma motivação: aprender para a vida mesmo.

O estudo que se está realizando com este trabalho procura realmente estimular o aluno a aprender, a realmente perceber que na Física, na Química, na Biologia, dentre outras disciplinas, sempre há muitas coisas importantes para serem usadas em casa, no trabalho e na família, ou seja, na Ciência, na Tecnologia e na Sociedade. É preciso entender e interpretar melhor o mundo, a Natureza, as novas tecnologias. É preciso que se conheçam os impactos positivos e negativos de tudo aquilo que se cria em tantas e tantas áreas, por exemplo:

- Se utilizar demais um aparelho de celular, poderei prejudicar minha saúde?

- Por que um aparelho de ar condicionado deve ficar nas partes mais altas de um ambiente?
- Como o CO<sub>2</sub> liberado pelas indústrias e pelos automóveis tão indiscriminadamente interfere no aquecimento das grandes cidades e no próprio aquecimento global?
- Como posso melhorar o rendimento do meu carro enquanto o dirijo na cidade e enquanto o dirijo na estrada?
- Por que uma lâmpada LED é mais eficiente que uma fluorescente ou que uma incandescente, em condições de mesmo brilho?

Enfim, são tantas perguntas e curiosidades que nós, professores, poderíamos usar tudo isso como um grande aliado na missão de ensinar e aprender.

Dessa forma, este estudo pretende atender ao que diz o Art. 22 (BRASIL, 1996):

“A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores.” (BRASIL, 1996)

### **3.2.2. Competências e habilidades**

Na Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, as competências presentes referem-se a conteúdos e temáticas que são comumente abordados na Educação Básica. Dentre esses temas, podem ser destacados: meio ambiente, tecnologia, métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais.

De acordo com o Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009):

“Dessa forma, os participantes são convidados a resolver problemas por meio da aplicação dos conhecimentos abordados pelos componentes curriculares vinculados às Ciências da Natureza”. (INEP, 2009)

Assim, em outras palavras, pretende-se que, com essa sugestão de metodologia alternativa a que se propõe o presente trabalho, através do Produto Educacional, seja possível realizar avaliações mais substanciais, em que se leve em

conta a própria vivência do aluno, objetivando um maior incentivo à sua própria aprendizagem.

A seguir, listamos as competências e habilidades da Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para que possamos descrever, com mais detalhes, a aplicação efetiva do Produto Educacional que se pretende desenvolver com este trabalho.

### **3.2.2.1. Competência de área 1**

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 1 da seguinte forma:

“A **Competência de área 1** é composta por **quatro Habilidades** e se refere à construção do conhecimento científico. Dentre as principais situações abordadas nos itens, apresentam-se fatos e contextos que apontam para as visões de mundo, para a natureza da ciência e para as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Assim, baseando-se em textos variados, os participantes são convidados a reconhecer as transformações da ciência e as relações dessas transformações com a sociedade”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 1 da seguinte forma:

**Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.**

**H1** – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

**H2** – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

**H3** – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

**H4** – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

(INEP, 2012 )

Dentro dessa competência de área 1, no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, ao utilizarmos como objeto de ensino-aprendizagem da Termodinâmica o motor de um automóvel e de um refrigerador, podemos avaliar nos nossos alunos as habilidades 2, 3 e 4 da seguinte forma, por exemplo:

- **Analisando a habilidade 1:** Como funciona o controle remoto de um aparelho de ar condicionado e como uma mudança de temperatura ocorre termodinamicamente no aparelho após o comando do controle? Como funciona o sensor de presença de um alarme de automóvel? Como funciona um aparelho de GPS, tão utilizado atualmente nos automóveis?
- **Analisando a habilidade 2:** Quais os impactos para o meio ambiente e também para o ser humano que os automóveis e os refrigeradores podem produzir? Como ocorre o efeito estufa e a inversão térmica?
- **Analisando a habilidade 3:** Qual é a diferença entre calor e temperatura? O calor sempre produz mudança de temperatura? É possível “ter” calor? É possível mudar a temperatura de um sistema sem haver trocas de calor?
- **Analisando a habilidade 4:** Por que refrigerar um alimento? Como podemos aliar o rendimento de um automóvel a um reduzido impacto ambiental? É possível reaproveitar a energia rejeitada por um motor de um automóvel ou de um refrigerador?

É interessante observar que os critérios de metodologia e avaliação propostos neste trabalho, baseando-se nessas competências e habilidades, são sugestões de guias para o professor poder conduzir suas aulas e avaliações de maneira realmente conectada às novas tecnologias e ao cotidiano levando em consideração, de fato, as habilidades de cada aluno. Em sala de aula, é muito comum a necessidade do aluno em realmente sentir para que serve tudo o que ele

está aprendendo, que aplicações toda aquela Física estudada em sala tem à sua vida, ao seu cotidiano, como o aluno pode aplicá-la às tecnologias que utiliza em seu dia-a-dia.

A avaliação é essencial para o professor porque funciona como “termômetro” para medir se a metodologia utilizada em uma dada turma está funcionando ou não. Por isso, a importância de ela ser realmente contínua, para que pudesse atender às mais variadas habilidades dos alunos, como afirma o Art. 24 (V – a), da LDB:

“A educação básica, nos níveis fundamental e médio, será organizada de acordo com as seguintes regras comuns:

V - a verificação do rendimento escolar observará os seguintes critérios:

a) avaliação contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais”.

(BRASIL, 1996)

O uso das competências e habilidades poderá ser uma ferramenta muito útil para o professor criar uma aula bem dinâmica, bem variada tematicamente, visando a estimular realmente tanto o próprio professor como, principalmente, o aluno a realmente gostar de estudar Física.

### 3.2.2.2. Competência de área 2

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 2 da seguinte forma:

“A **Competência de área 2** é formada por **três Habilidades** e refere-se a contextos que privilegiam o reconhecimento de avanços científicos, bem como sua identificação e aplicação em fatos cotidianos. O domínio das Habilidades dessa Competência permite que o participante resolva situações-problema, aplicando conhecimentos tradicionalmente desenvolvidos pela química, física e/ou biologia”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 2 da seguinte forma:

**Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.**

**H5** – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

**H6** – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

**H7** – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

(INEP, 2012)

Dentro dessa competência de área 2, no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, ao utilizarmos como objeto de ensino-aprendizagem o motor de um automóvel e de um refrigerador, podemos avaliar nos nossos alunos as habilidades 5, 6 e 7 da seguinte forma, por exemplo:

- **Analisando a habilidade 5:** Qual a importância dos fusíveis para o sistema elétrico de um automóvel? No sistema de refrigeração e de aquecimento do ar interno de um automóvel, qual a importância dos resistores e como eles funcionam? No sistema de arrefecimento (radiador) do motor de um automóvel, como funciona o sensor elétrico de temperatura que liga/desliga a turbina de ventilação do radiador para efetivar as correntes de convecção do fluido arrefecedor?
- **Analisando a habilidade 6:** Qual a importância do manual de instalação e uso de uma geladeira, *freezer* ou aparelho de ar condicionado? No manual de um aparelho de ar condicionado, consta que é importante a instalação dele em partes altas do ambiente a ser refrigerado. Qual a explicação termodinâmica para essa orientação? Qual a importância do disjuntor e do aterramento, cujos usos são orientados nos manuais de instalação dos aparelhos de ar condicionado?
- **Analisando a habilidade 7:** Que tipos de materiais devem ser utilizados nos projetos urbanísticos das grandes cidades para garantir um melhor conforto térmico? Qual a importância do calor específico e

da condutividade térmica na escolha desses materiais? Qual o tipo de motor de automóvel tem melhor rendimento: a álcool, a gasolina, a diesel ou a GNV? Que intervenções físicas ou químicas poderíamos executar nos motores térmicos e nos combustíveis a fim de minimizarem impactos ambientais como o efeito estufa e a inversão térmica?

### 3.2.2.3. Competência de área 3

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 3 da seguinte forma:

“A **Competência de área 3**, composta por **cinco Habilidades**, privilegia a compreensão da natureza como um sistema complexo e dinâmico. O participante é instado a identificar, reconhecer, compreender e analisar os desequilíbrios gerados pelas interferências nos sistemas naturais”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP, consta a descrição detalhada dessas cinco habilidades da competência de área 3 da seguinte forma:

**Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicas.**

**H8** – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

**H9** – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

**H10** – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.



**H11** – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

**H12** – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

(INEP, 2012 )

Dentro dessa competência de área 3, no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, ao utilizarmos como objeto de ensino-aprendizagem o motor de um automóvel e de um refrigerador, podemos avaliar nos nossos alunos algumas dessas habilidades da seguinte forma, por exemplo:

- **Analisando a habilidade 8:** Nos mais diversos tipos de usinas (nuclear, hidroelétrica, termelétrica, etc.), quais as principais transformações energéticas envolvidas? Termodinamicamente, como funciona a máquina térmica de uma usina termelétrica ao converter calor em eletricidade?
- **Analisando a habilidade 9:** Qual a importância do ciclo da água para as usinas hidroelétricas? Qual a importância do ciclo do carbono para as usinas termelétricas?
- **Analisando a habilidade 10:** Como o uso dos motores de combustão e dos refrigeradores pode afetar a dinâmica atmosférica como, por exemplo, o ciclo da água na Natureza? Como as máquinas térmicas que compõem uma usina termelétrica criam impactos no meio ambiente, quando o utiliza como fonte fria da própria máquina?

#### 3.2.2.4. Competência de área 4

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 4 da seguinte forma:

“Na **Competência de área 4**, composta por **quatro Habilidades**, o foco é a compreensão do funcionamento dos seres vivos e as relações com o meio

ambiente. No caso específico dos seres humanos, fatores ambientais, sociais, históricos ou científicos, além de fatores individuais, como a idade, os hábitos e a herança biológica, devem ser compreendidos como elementos relacionados à saúde, à doença e à qualidade de vida”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 4 da seguinte forma:

**Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.**

**H13** – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

**H14** – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

**H15** – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

**H16** – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

(INEP, 2012)

Dentro, particularmente, dessa competência de área 4, o processo avaliativo já seria mais para professores de **Biologia** junto aos seus alunos. Nesse caso, como este trabalho destina-se ao estudo da **Termodinâmica** numa visão mais da **Física**, não será analisada com detalhes, nesta dissertação, essa competência. Iremos nos voltar, neste trabalho, para aquelas competências e habilidades que possam estar mais ligadas à Termodinâmica dos motores térmicos e das máquinas refrigeradoras, a fim de conduzir e orientar melhor os professores de Física utilizadores do Produto Educacional aqui desenvolvido.

### 3.2.2.5. Competência de área 5

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 5 da seguinte forma:

“A **Competência de área 5** é formada por **três Habilidades**. Seu foco está na compreensão da ciência como construção social e no reconhecimento da atividade científica como produtora de procedimentos, métodos e técnicas próprias. As situações exploradas podem utilizar fontes variadas, como gráficos, tabelas, textos e imagens”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 5 da seguinte forma:

**Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.**

**H17** – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

**H18** – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

**H19** – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

(INEP, 2012)

Dentro dessa competência de área 5, no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, ao utilizarmos como objeto de ensino-aprendizagem o motor de um automóvel e de um refrigerador, podemos avaliar nos nossos alunos algumas dessas habilidades da seguinte forma, por exemplo:

- **Analisando a habilidade 17:** Como gráficos, fórmulas e tabelas fazem parte muito comumente da Física, é extremamente importante que sejam exploradas pelo professor, no processo avaliativo e

também durante as aulas teóricas, esses tipos de linguagens e que sejam estabelecidas suas relações com o dia-a-dia do aluno. Por exemplo, quando se analisa o ciclo termodinâmico de Carnot, pode-se descrever quais as trocas energéticas envolvidas em cada etapa e até mesmo explorar a dependência exclusiva de seu rendimento com as temperaturas das fontes quente e fria da máquina térmica. Outro exemplo interessante seria interpretar junto ao aluno um esquema de formação e impacto do efeito estufa, identificando os tipos de radiações eletromagnéticas transmitidas e absorvidas, já que o  $\text{CO}_2$  liberado pelos motores térmicos é um dos grandes responsáveis por esse efeito. Como gráficos e tabelas sempre estão muito presentes em nossas vidas, torna-se extremamente necessário que se façam, junto aos alunos, exercícios de interpretação desses tipos de “linguagens”, como os disponibilizados no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

- **Analisando a habilidade 18:** Dentro do contexto da Termodinâmica, pode-se descrever, principalmente através de exemplos do cotidiano, o significado de grandezas como calor específico e condutividade térmica. Por exemplo, como ocorre a formação das brisas marítimas e terrestres e qual a relação dessas formações com o calor específico da areia e com o da água? Quais as mudanças de fases que ocorrem com o gás refrigerante utilizado pelo sistema de uma máquina refrigeradora, como um *freezer* ou uma geladeira, e como ocorrem as trocas de calor, de modo a promover a própria refrigeração?
- **Analisando a habilidade 19:** Termodinamicamente, que mudanças podem ser feitas na parte estrutural do motor de um automóvel para que ele possa melhorar seu rendimento? Historicamente, durante a Revolução Industrial, que problemas de ordem social e econômica puderam ser resolvidos com a invenção das máquinas térmicas e quais as suas principais implicações ambientais?

Trata-se, portanto, de uma competência fisicamente bem abrangente. O professor de Física, ao utilizar o Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, poderá realizar uma grande quantidade de conexões entre várias áreas da

Termodinâmica, como, por exemplo, o estudo da propagação de calor (condução, convecção e irradiação), o estudo dos gases ideais, a calorimetria, dentre outros. Todos esses temas estão direta ou indiretamente conectados ao funcionamento do motor de um automóvel e de um refrigerador doméstico. No Produto Educacional, será feita a descrição mais detalhada dessas interligações temáticas.

### 3.2.2.6. Competência de área 6

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 6 da seguinte forma:

“A **Competência de área 6**, composta por **quatro Habilidades**, concentra-se na compreensão de fenômenos físicos observáveis no cotidiano. Espera-se que o participante possa, com base na utilização de conceitos da Física, resolver situações-problema que envolvem questões relativas à energia, à transmissão de informação, ao transporte, entre outras”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP, consta a descrição detalhada dessas três habilidades da competência de área 6 da seguinte forma:

**Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H20** – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

**H21** – Utilizar leis físicas e(ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

**H22** – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

**H23** – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

(INEP, 2012)

Dentro dessa competência de área 6, no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho, ao utilizarmos como objeto de ensino-aprendizagem o motor de um automóvel e de um refrigerador, podemos avaliar nos nossos alunos algumas dessas habilidades da seguinte forma, por exemplo:

- **Analisando a habilidade 20:** Como se formam as brisas marítimas e terrestres? Por que é aconselhado, em termos de propagação de calor, um aparelho de ar condicionado ser instalado nas partes altas de um ambiente a ser refrigerado? Como o radiador de um carro resfria seu motor?
- **Analisando a habilidade 21:** Nessa habilidade, o professor pode fazer um amplo estudo da 1ª. e da 2ª. leis da Termodinâmica. Essa é a habilidade mais diretamente relacionada ao Produto Educacional desenvolvido no presente trabalho. Aqui, é onde também se estudam as leis dos gases ideais (lei de Boyle, lei de Charles e lei de Gay-Lussac), as leis de propagação de calor (lei de Fourier e lei de Stefan-Boltzmann), dentre outros. Esses assuntos serão discutidos no Produto Educacional.
- **Analisando a habilidade 22:** Essa habilidade já é mais voltada para a área de Ondulatória, mas tem aplicações e conexões interessantes também com Termodinâmica. O professor pode, por exemplo, comentar sobre o efeito estufa, descrevendo os fenômenos decorrentes da interação entre os diferentes tipos de radiações envolvidas e a matéria. No caso da lei de Stefan-Boltzmann, é possível se falar sobre o comportamento da luz do Sol quando incide sobre uma roupa clara e quando incide sobre uma roupa escura. Há tantas curiosidades interessantes que podem ser mencionadas, esses são apenas alguns exemplos.
- **Analisando a habilidade 23:** No que diz respeito às possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, é com essa habilidade que o professor pode trabalhar com seu aluno o amplo assunto de matrizes energéticas e ainda os diferentes tipos de usinas elétricas. Além disso, já que o presente trabalho trata de Termodinâmica, pode-se (e deve-se) comentar sobre as conversões

de energia que ocorrem em um motor térmico (um motor de automóvel, por exemplo) e as que ocorrem também em uma máquina refrigeradora (uma geladeira, por exemplo), como será feita no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

### 3.2.2.7. Competência de área 7

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 7 da seguinte forma:

“A **Competência de área 7**, formada por **quatro Habilidades**, privilegia a utilização de conceitos da Química. Assim, espera-se que o participante aplique conhecimentos químicos em situações cotidianas para caracterização e uso de materiais e substâncias, avaliando seus riscos e benefícios para o meio ambiente e a economia”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 7 da seguinte forma:

**Competência de área 7** – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

**H24** – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

**H25** – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

**H26** – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

**H27** – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

(INEP, 2012)

Dentro, particularmente, dessa competência de área 7, o processo avaliativo já seria mais para professores de **Química** junto aos seus alunos. Nesse caso, como este trabalho destina-se ao estudo da **Termodinâmica** numa visão mais da **Física**, não será analisada com detalhes, nesta dissertação, essa competência.

### 3.2.2.8. Competência de área 8

De acordo com a Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Relatório Pedagógico 2009-2010 do ENEM (INEP, 2009), há a descrição da Competência de área 8 da seguinte forma:

“A **Competência de área 8**, formada por **três Habilidades**, focaliza os conhecimentos construídos no âmbito da Biologia. Os participantes devem ser capazes de identificar adaptações que permitem que determinados organismos vivam em certos ambientes, interpretar experimentos que utilizam seres vivos e avaliar propostas voltadas à saúde humana e à do meio ambiente.”. (INEP, 2009)

No documento oficial do INEP (INEP, 2012), consta a descrição detalhada dessas quatro habilidades da competência de área 8 da seguinte forma:

**Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.**

**H28** – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

**H29** – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

**H30** – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

(INEP, 2012)



Dentro, particularmente, dessa competência de área 8, o processo avaliativo já seria mais para professores de **Biologia** junto aos seus alunos. Nesse caso, como este trabalho destina-se ao estudo da **Termodinâmica** numa visão mais da **Física**, não será analisada com detalhes, nesta dissertação, essa competência.

## 4. ORIENTAÇÕES PARA O PROFESSOR NO USO DO PRODUTO EDUCACIONAL (TUTORIAL)

O Produto Educacional deste trabalho foi desenvolvido visando a auxiliar o professor em suas aulas de Termologia, especialmente no estudo da 1ª. e da 2ª. leis da Termodinâmica.

Visando a auxiliar o professor no uso desse Produto Educacional, segue abaixo um pequeno tutorial, com sugestões didático-metodológicas de aplicação do mesmo como complemento às aulas de Termologia.

### 4.1. Conteúdo programático de Termologia no Ensino Médio

No Ensino Médio, o curso de Termologia é normalmente ministrado com os seguintes assuntos:

- a.) Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura;
- b.) Dilatação térmica dos sólidos;
- c.) Dilatação térmica dos líquidos;
- d.) Propagação de calor (condução, convecção e irradiação);
- e.) Calorimetria (calor sensível e calor latente);
- f.) Diagramas de fases;
- g.) Estudo dos gases ideais e teoria cinética dos gases;
- h.) 1ª. lei da Termodinâmica;
- i.) 2ª. lei da Termodinâmica.

É interessante que o professor, no início do curso, apresente aos seus alunos o conteúdo programático anterior e faça uma breve explanação do que será estudado em cada um dos assuntos.

### 4.2. Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura

A parte **introdutória** é essencial porque é ela que vai dar início ao curso de Termologia, onde devem ser muito bem compreendidos e diferenciados os

conceitos de **calor** e de **temperatura**. O primeiro passo nesse sentido é mostrar algum vídeo ou simulação computacional que diferencie bem esses conceitos, que precisam ser bem entendidos para um bom curso de Termologia. No Produto Educacional, existem seções bem especiais com *links clicáveis* de sugestões de vídeos, envolvendo esses aspectos. Com um simples *click* no *link*, na versão digital (*e-book*) do Produto Educacional, o aluno e o professor poderão ser redirecionados para o vídeo de interesse.

Portanto, deve ser uma aula bem motivadora, interativa, com curiosidades, vídeos, imagens, preferencialmente mostrando aspectos do cotidiano estudados nesse importante ramo da Física. É exatamente neste momento, ou seja, na **introdução**, que se pretende, com o nosso Produto Educacional sobre o motor de combustão e sobre o motor de um refrigerador, estimular os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos de **calor** e de **temperatura**, os quais, conforme já comentamos no capítulo 2 deste trabalho, são muitas vezes confundidos pelos alunos (Caldeira & Martins, 1990).

No Produto Educacional, é sugerido, para ser mostrado aos discentes, um vídeo do *YouTube* explicando o funcionamento do **motor de quatro tempos** de um automóvel (Figura 1). Esse vídeo muito interessante é do canal **Manual do Mundo** (Thenório, 2015) no *YouTube*.

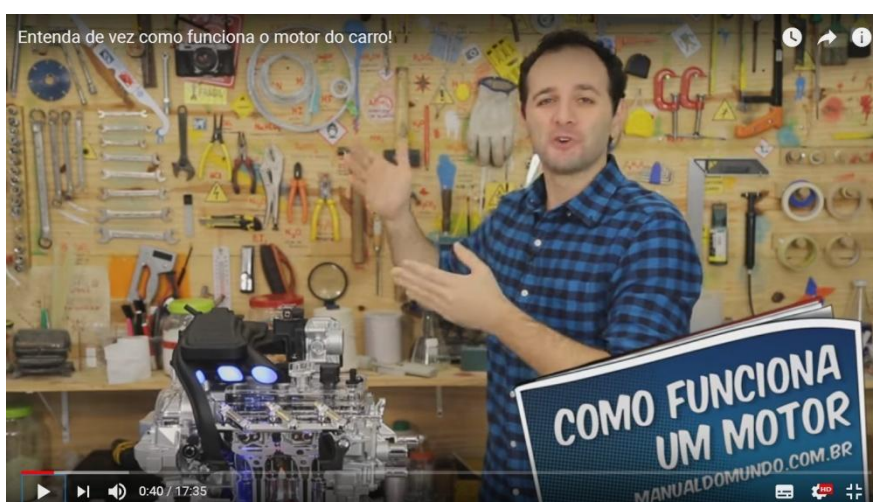


Figura 1: Vídeo sobre como funciona um motor de combustão

Fonte: Thenório, 2015

Trata-se de uma explicação muito prática utilizando um motor de quatro tempos e três cilindros e que a Nissan está trazendo para o Brasil. Com esse

modelo tão cotidiano, o professor pode ir explorando e, ao mesmo tempo, desenvolvendo conceitos termodinâmicos tão essenciais como são os conceitos de calor, temperatura e trabalho. O aluno pode nitidamente perceber o combustível entrando no sistema e, em certo momento, sofrendo a combustão, liberando energia (calor) que, em parte, é convertida em energia cinética (trabalho) e, em parte, é dissipada para o ambiente.

Assim, o professor poderá oferecer um contato bem estimulante do aluno com o conceito de calor, entendê-lo na sua essência termodinâmica e o mais interessante é que, com uma imagem tão concreta como essa, a própria explicação dos assuntos poderá ser facilitada objetivando que o estudante responda a perguntas como essas:

- O que é o trabalho de um gás?
- O que é temperatura?
- O que é pistão e qual a sua função no cilindro de combustão?
- Como converter calor em trabalho?
- É possível, através de um processo cíclico como esse do motor de combustão, a conversão integral de calor em trabalho?

Assim, espera-se que um modelo tão aplicado, como é o do motor de combustão de um automóvel, possa auxiliar o professor no correto desenvolvimento da própria Termodinâmica.

Para tornar o Produto Educacional visual e esquematicamente interessante, foram utilizadas e também sugeridas várias imagens do *Google Imagens* (Google, 2018). No *Google Imagens*, podem ser encontradas várias imagens interessantes envolvendo os conceitos de calor e de temperatura. Uma indicação para o professor é que sejam criados *slides* em *Power Point* contendo algumas dessas figuras, objetivando, através da visualização, um melhor entendimento para o aluno acerca dos tópicos estudados.

### **4.3. O Motor de combustão e a Termodinâmica**

Este é o principal momento do Produto Educacional desenvolvido neste trabalho. Como nosso foco é o ensino de Termodinâmica usando o motor de

combustão e o motor de um refrigerador, é a partir deste ponto que se começa a usar o Produto propriamente dito.

Mais uma vez, no Produto Educacional, é sugerido assistir primeiramente, com os alunos, ao documentário do *The History Channel* (Figura 2) sobre a **história dos motores** (Alves, 2013).



Figura 2: Vídeo sobre a História dos motores

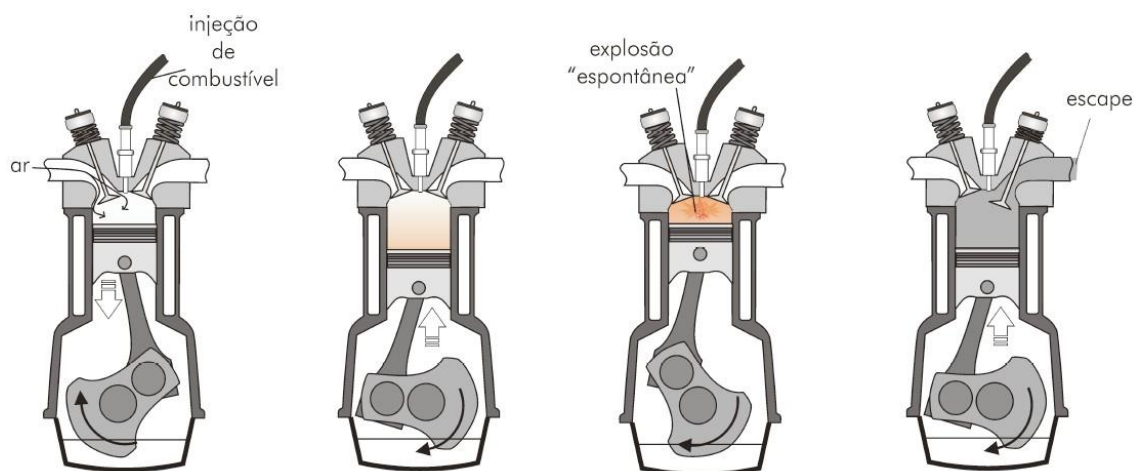
Fonte: Alves, 2013

Após a apresentação desse documentário tão interessante, pode-se realizar uma atividade de discussão sobre transformações de energia em cada um dos motores apresentados no filme, enfatizando os aspectos fundamentais de calor, trabalho e temperatura em cada um deles, principalmente nos motores a combustão e nas máquinas refrigeradoras.

Nele, o aluno poderá conhecer, na forma de filme, as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento dos primeiros motores de combustão. No início do Produto Educacional, é feito um pequeno histórico sobre esses tipos de motores e sobre a importância deles para os automóveis e, conseqüentemente, para a sociedade.

Fazendo-se uso do Produto Educacional, após essas introduções, a aula prossegue agora para o estudo das partes de um motor de combustão interna, detalhando, através de imagens apresentadas, cada um de seus tempos. É apresentado também o esquema de funcionamento de um motor a diesel (Figura 3). Sugere-se, agora, tanto ao professor como ao aluno, a leitura do Produto

Educacional, onde são apresentados, com mais detalhes ainda, outros aspectos fundamentais ao funcionamento do motor de combustão.



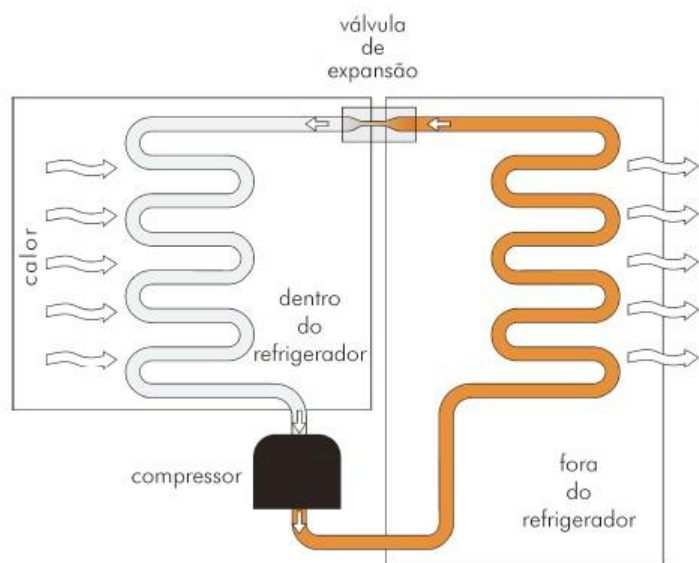
**Figura 3: Esquema do funcionamento de um motor a diesel.**

**Fonte:** Imagem elaborada pelo autor para o Produto Educacional.

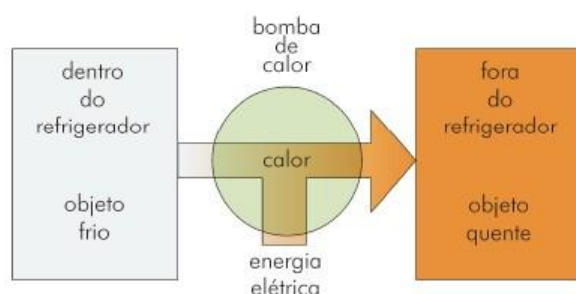
Perceba que o aluno terá dois formatos para aprender: o vídeo e o livro. Isso poderá oferecer ao docente uma dinâmica interessante para a aula, com essa intercalação entre o livro didático (ou paradidático) e o uso da tecnologia (computador, celular, *tablets*, dentre outras).

#### 4.4. Os Refrigeradores e a Termodinâmica

No Produto educacional, na seção sobre **Refrigerador**, inicia-se este outro estudo apresentando ao aluno as razões para se refrigerar e as partes de um refrigerador (Figura 4).



O refrigerador funciona como uma bomba de calor que retira calor de um corpo frio e transfere para um corpo quente. Para fazer isso necessita energia elétrica, da qual parte é convertida em calor na região mais quente, correspondente ao ar na cozinha. Faça analogia com uma bomba de água que retira a água de uma região mais baixa para uma mais alta, contrário ao fluxo *normal* na natureza.



**Figura 4: Esquema do funcionamento de um refrigerador.**

Fonte: Imagem elaborada pelo autor para o Produto Educacional.

Perceba que a maneira com que as descrições desse funcionamento estão sendo feitas é bem acessível, porque o que se pretende é que os conceitos termodinâmicos sejam realmente “sentidos” pelos alunos, através de exemplos simples do cotidiano, e não simplesmente “passados” a esses alunos de maneira tão formal, rígida e sem aplicações práticas motivadoras.

Ainda nessa seção sobre refrigeradores, há uma subseção muito interessante onde o professor pode ensinar aos alunos sobre os **processos de transmissão de calor**: condução, convecção e irradiação.

Perceba que iniciamos a seção falando sobre refrigeradores e, agora, de maneira extremamente integrada a esse estudo, já estamos analisando um outro: a transmissão de calor. Pretende-se, com essa metodologia, permitir ao professor estabelecer junto aos alunos uma conexão clara entre os inúmeros assuntos estudados em Termodinâmica. Por exemplo, no caso do próprio refrigerador, pode-se explicar aos alunos o porquê de o congelador ficar na parte de cima da geladeira

e, dessa forma, explicar o que é convecção térmica (Figura 5). Pode-se ainda mostrar, com a mesma explicação, o motivo da instalação de aparelhos de ar condicionado preferencialmente nas partes altas de um ambiente a ser refrigerado, já que esses aparelhos também são exemplos de máquinas refrigeradoras.



Figura 5: Convecção térmica na geladeira (à esquerda) e na sala com ar condicionado (à direita)

Fonte: < <https://slideplayer.com.br/slide/11120674/> >. Acesso em: 27 jul. 2018

Mais uma vez, ressalta-se a importância do uso de imagens, que podem ser apresentadas fazendo-se uso de *slides* no *Power Point*. A maior pretensão deste trabalho é mostrar a Física Térmica de maneira extremamente conectada ao cotidiano do aluno e, com isso, estimulá-lo para o estudo da mesma. São inúmeras as aplicações deste vasto tema de processos de transferência de calor: brisas marítimas e terrestres, efeito estufa, inversão térmica, dentre outros. No Produto Educacional, há uma seção muito interessante para tratar de vários deles. Portanto, é sugerido trabalhar esses temas em sala de aula, com o auxílio das próprias figuras, explicações teóricas, infográficos, sugestões de vídeos e atividades integradoras apresentados no Produto Educacional.

Finalmente, a seção sobre refrigeradores encerra-se com uma subseção sobre o **comportamento dos gases**. Nela, pretende-se realizar um estudo sobre a **teoria cinética dos gases** e sobre **as leis dos gases ideais**. Esse estudo é muito importante para a Termodinâmica, uma vez que seus conceitos são desenvolvidos fisicamente em cima da Termodinâmica dos gases ideais. Apresentamos o essencial que o aluno precisa saber para realizar um bom estudo da 1ª. e da 2ª. leis da Termodinâmica.



#### 4.5. Construindo a aprendizagem – Seção de exercícios

No final de cada seção do Produto Educacional, apresenta-se uma série de exercícios contendo questões elaboradas pelo próprio autor, com base na **Matriz de Referência do ENEM para Ciências da Natureza**, e também contendo várias questões extraídas de provas de vestibulares do Brasil.

O objetivo da seção **Construindo a aprendizagem** é que o aluno possa exercitar os assuntos estudados nesse curso de Física Térmica. Após isso, o professor poderá realizar avaliações para mensurar a aprendizagem dos alunos com o uso das metodologias descritas neste tutorial de utilização do Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

## 5. RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL EM SALA DE AULA

A metodologia proposta no Produto Educacional desenvolvido neste trabalho foi utilizada em turmas da 1ª. e 3ª. séries do Ensino Médio em uma escola da rede particular de ensino em Fortaleza-CE, conforme mostrado nos registros fotográficos abaixo (Figuras 6 e 7).



Figura 6: Apresentação do vídeo do Motor de combustão a uma turma da 1ª. série do Ensino Médio

Fonte: Foto tirada pelo próprio autor do Produto Educacional



Figura 7: Apresentação do vídeo do Motor de combustão a uma turma da 3ª. série do Ensino Médio

Fonte: Foto tirada pelo próprio autor do Produto Educacional

Seguindo o tutorial apresentado anteriormente, foi possível perceber uma grande motivação dos alunos em quererem realmente aprofundar os vários temas da Física Térmica. Notou-se um interesse particularmente grande, por parte dos discentes, em ambas as turmas, quando foi mostrado o vídeo do *YouTube* do canal **Manual do Mundo** (Thenório, 2015) sobre o funcionamento de um motor a combustão, sugerido no tutorial e também nos *links* de vídeos indicados no Produto Educacional.

Alguns exemplos de perguntas e reações dos alunos após a apresentação do vídeo:

- “Qual a diferença entre um motor a diesel e um a gasolina?”
- “Professor, pra que serve a injeção eletrônica?”
- “Como funciona um carro elétrico? É do mesmo jeito do carro de motor a combustão?”
- “Legal, professor, fica muito mais fácil aprender Física com um exemplo assim, porque a gente vê o que tá acontecendo!!!”
- “Eu nunca tinha entendido o que era mesmo a grandeza trabalho!!! Pra mim, só força vezes deslocamento não tinha significado nenhum!!!”
- “Professor, muito legais esses modelos!!! A gente vê direitinho as transformações de energia acontecendo!!!”

Em seguida, após a apresentação do vídeo e algumas observações feitas pelo próprio professor, foi ministrada uma aula sobre Máquinas térmicas (2ª. lei da Termodinâmica), como mostrado no registro fotográfico a seguir (Figuras 8 e 9).

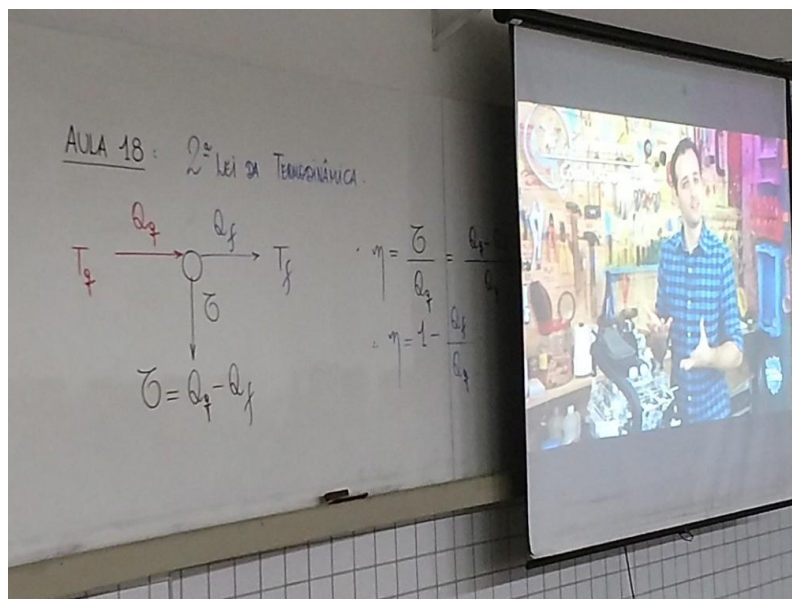


Figura 8: Aula teórica sobre 2ª. lei da Termodinâmica (Máquinas térmicas e refrigeradores)

Fonte: Foto tirada pelo próprio autor do Produto Educacional



Figura 9: Aula teórica sobre 2ª. lei da Termodinâmica (Máquinas térmicas e refrigeradores)

Fonte: Foto tirada pelo próprio autor do Produto Educacional

Nessa aula, por exemplo, foi possível notar, pelas próprias perguntas dos alunos e por suas muitas participações na aula, que eles estavam compreendendo muito bem os conceitos de calor, trabalho e temperatura e que estavam conseguindo estabelecer relações bem naturais do funcionamento do motor a combustão e das máquinas refrigeradoras com uma série de situações vividas por eles em seus cotidianos. Além disso, foi muito interessante perceber que eles

estavam sabendo descrever bem as etapas de transformações energéticas que estavam acontecendo nos motores térmicos e nas máquinas refrigeradoras e toda a dinâmica do calor nessas etapas. Foi comentado também sobre como um carro pode ter um bom rendimento, ou seja, como conseguir fazer uma boa quilometragem por litro de combustível consumido. Esta discussão, inclusive, é uma das subseções presentes no Produto Educacional. Outro aspecto bastante gratificante da aula, usando-se essa metodologia, foi quando se apresentou, em sala de aula, usando-se um projetor, o selo **PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica)** (Figura 10) e foi explicado aos alunos o seu significado. Foi comentado que ele acompanha geladeiras, aparelhos de ar condicionado, dentre outros. Os alunos puderam aprender sobre o importante conceito de **eficiência de um refrigerador** e entender a importância que o selo **PROCEL** tem, para eles como consumidores, na escolha de tantos aparelhos eletrônicos e de tantos eletrodomésticos, como, por exemplo, a escolha de uma geladeira que realmente refrigere bem, mas que não consuma muita energia elétrica.



**Figura 10: Selo PROCEL apresentado na aula sobre 2ª. lei da Termodinâmica**

Fonte: <https://www.dufrio.com.br/blog/ar-condicionado/comercial/antes-de-comprar-ar-condicionado-consulte-o-selo-procel/>

## 6. CONCLUSÕES

Na era tecnológica em que vivemos, como motivar os alunos a realmente quererem aprender Física? Como desenvolver seus conceitos de maneira aplicada ao cotidiano, ao dia-a-dia do aluno?

Perguntas como essas tem se tornado cada vez mais frequentes na vida dos professores e na de seus alunos. Para buscar uma maior integração dos assuntos da Física com a realidade do aluno, é que foi desenvolvido o Produto Educacional deste trabalho. Trata-se de um pequeno livro de Física Térmica (Termologia) que visa a ensinar conceitos importantes desse ramo da Física através do modelo do motor de combustão e do motor de um refrigerador.

Percebeu-se que a parceria professor-livro-tecnologia foi muito produtiva, uma vez que a sugestão proposta com essa abordagem se mostrou mais aplicada ao cotidiano, ou seja, foi possível perceber, na aplicação do Produto Educacional, uma maior interação entre os alunos e o professor, uma maior participação dos discentes com perguntas ricas em curiosidades, ou seja, percebeu-se o desejo de realmente querer aprender Física, uma disciplina tantas vezes tida como algo difícil e desinteressante.

Em síntese, foi possível desenvolver um curso de Física Térmica realmente conectado ao dia-a-dia dos alunos, onde os conceitos foram ensinados, foram aprendidos e foram aplicados de maneira realmente prática, despertando bastante a curiosidade dos alunos.

Este trabalho é apenas uma “semente” pedagógica e uma alternativa metodológica e que, quem sabe, pode servir de inspiração para que seja estendido a outras áreas da Física. Escolhemos a Termologia por se tratar de uma área em que se nota certa carência de metodologias alternativas como essas. Percebe-se uma existência muito grande de materiais sobre Mecânica, Ondulatória e Eletricidade, mas sobre Termologia e, principalmente, sobre as leis da Termodinâmica, realmente ainda não há ainda tantos materiais didáticos com abordagens bem aplicadas ao dia-a-dia, ao cotidiano do aluno e, principal e verdadeiramente integrado às novas tecnologias.

Como foi comentado neste trabalho, os tempos mudaram, as tecnologias tem se desenvolvido cada vez mais e não podemos, como educadores, separá-las

da realidade dos alunos. Por isso, resolvemos integrar este Curso de Termologia às novas tecnologias fazendo com que tanto a *versão digital* (e-book) como a versão física (livro em papel) tivesse recursos de acesso a vídeos e a simulações com *links* diretos clicáveis, para o caso da versão digital, e, alternativamente, *links* acessíveis por QR-Code (sigla do inglês *Quick Response*, resposta rápida em português) na versão física. Dessa forma, o próprio manuseio do livro terá uma interatividade maior do aluno com o livro, ou seja, o aluno vai lendo e, quando há vídeos ou simulações a serem vistos, o discente pode acessá-los a partir do próprio livro, usando um *tablet*, um *smartphone* ou um computador para visualização desses recursos tão interessantes para o processo de ensino-aprendizagem da Física.

Foi muito interessante a experiência de ter notado uma aprendizagem realmente mais significativa da Física Térmica com essa “parceria” entre a aula convencional, as aplicações cotidianas e as novas tecnologias. Após a demonstração de vídeos e simulações e também com o uso do próprio Produto Educacional, foi muito mais fácil e natural o processo de ensinar e aprender, ou seja, as aulas teóricas fluíram de maneira bem mais natural e com intensa participação do aluno nas aulas, despertando seu interesse e, principalmente, sua curiosidade.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. A História dos motores. 2013. Disponível em:  
< <https://www.youtube.com/watch?v=fvFEqEmekzk>>. Acesso em 25 jul. 2018.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.
- BOCK, M. Dilema de mestre: atenção do aluno dura só 20 minutos. 2011. Disponível em: <<http://educacaodeficiente.blogspot.com/2011/07/dilema-de-mestre-atencao-do-aluno-dura.html>>. Acesso em: 17 de julho de 2018.
- BONADIMAN, H. NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. Departamento de Física, Estatística e Matemática UNIJUÍ, Ijuí RS, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC, 2000.
- \_\_\_\_\_. Ministério de Educação e Cultura. *LDB - Lei nº 9394/96*, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília: MEC, 1996.
- \_\_\_\_\_. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.
- CALDEIRA, M. H. & MARTINS, D. R. Calor e Temperatura: Que noção têm os alunos universitários destes conceitos? In: *Gaz. Física, Vol. 13, Fasc. 2, 1990*, p.89
- GOOGLE. Google Imagens. 2018. Disponível em:  
<<https://www.google.com.br/imghp?hl=pt-BR&tab=wi>>. Acesso em 27 jul. 2018
- INEP. *Eixos cognitivos*. 2012. Disponível em:  
<[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)>. Acesso em 25 jul. 2018.
- \_\_\_\_\_. *Matriz de referência*. 2012. Disponível em:  
<[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_enem.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf)>. Acesso em 31 jul. 2018.
- \_\_\_\_\_. *Matriz de referência*. 2017. Disponível em:  
< <http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/encceja/matrizes-de-referencia> >. Acesso em 25 jul. 2018.
- \_\_\_\_\_. *Relatório pedagógico 2009-2010*. Disponível em:  
<[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/relatorios\\_pedagogicos/relatorio\\_pedagogico\\_enem\\_2009\\_2010.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/relatorios_pedagogicos/relatorio_pedagogico_enem_2009_2010.pdf)>. Acesso em 25 jul. 2018.



KAMERS, N. J. O YouTube como ferramenta pedagógica no ensino de Física. Disponível em: <[http://www.faed.udesc.br/arquivos/id\\_submenu/151/nelito\\_jose\\_kamers.pdf](http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/151/nelito_jose_kamers.pdf)>. Acesso em: 17 de julho de 2018.

LAWSON, R. & MCDERMOTT, L. Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. In: *American Journal of Physics* 55, 811 (1987). Disponível em: <<http://aa.pt.scitation.org/doi/pdf/10.1119/1.14994>>. Acesso em 27 jan. 2018.

SILVA, F. C. Entre imigrantes e nativos digitais: usos e relações com o computador. 2010. 161 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Humanidades e Direito da Universidade Metodista de São Paulo, São Bernardo do Campo, 2010.

SILVEIRA, M. R. A. da. “Matemática é difícil”: um sentido pré-construído evidenciado na fala dos alunos. 2002. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo\\_producoes/docs\\_25/matematica.pdf](http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_25/matematica.pdf)>. Acesso em: 01 fev. 2017.

THENÓRIO, I. Como funciona um motor. 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=UI1XuiJE0Dw>>. Acesso em 27 jul. 2018.

UOL. *Adesão universidades ENEM 2017 e Sisu 2018*. Disponível em: <<https://vestibular.mundoeducacao.bol.uol.com.br/enem/lista-adesao.htm>>. Acesso em 25 jul. 2018.

## **8. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL**

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

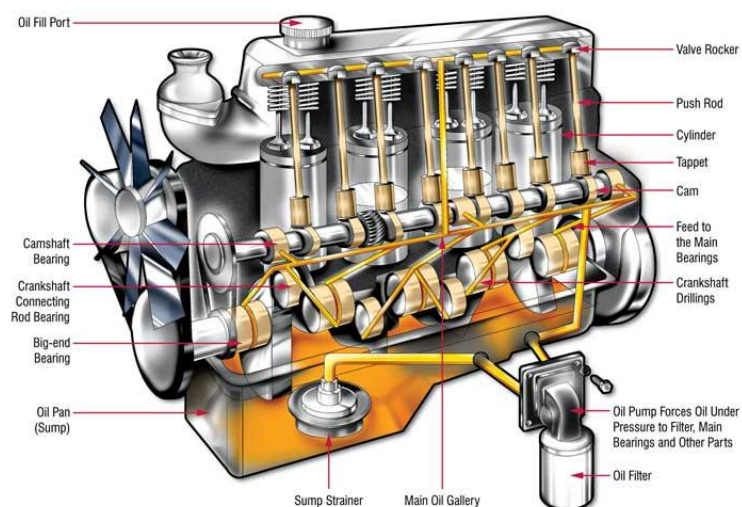


**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

# PRODUTO EDUCACIONAL

A TERMODINÂMICA CONTEXTUALIZADA  
JOÃO PAULO PROCÓPIO DE AGUIAR



FORTALEZA

2018

JOÃO PAULO PROCÓPIO DE AGUIAR

PRODUTO EDUCACIONAL  
A TERMODINÂMICA CONTEXTUALIZADA

Produto Educacional desenvolvido como requisito apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Humberto de Andrade Carmona

FORTALEZA

2018

Dedicamos este livro a Deus, aos nossos pais, esposas, filhos e amigos.

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>64</b>
<b>2. ORIENTAÇÕES GERAIS – TUTORIAL .....</b>	<b>64</b>
2.1. Conteúdo programático de Termologia no Ensino Médio .....	64
2.2. Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura .....	65
2.3. O Motor de combustão e a Termodinâmica.....	66
2.4. Os Refrigeradores e a Termodinâmica .....	67
2.5. Construindo a aprendizagem – Seção de exercícios.....	69
<b>3. O REFRIGERADOR.....</b>	<b>69</b>
3.1. Por que refrigerar?.....	69
3.2. As partes de um refrigerador .....	69
3.3. Entendendo a refrigeração .....	70
3.4. O ciclo de refrigeração.....	71
<b>4. O REFRIGERADOR E A CIÊNCIA.....</b>	<b>73</b>
4.1. Calor e temperatura .....	73
4.2. Calor em movimento – Termodinâmica .....	75
4.3. Máquinas térmicas.....	77
4.4. Transmissão de calor.....	78
4.5. O comportamento dos gases.....	80
<b>5. SUGESTÕES DE VÍDEOS .....</b>	<b>81</b>
<b>6. ATIVIDADES INTEGRADORAS .....</b>	<b>82</b>
6.1. Biologia – Alterações dos alimentos .....	82
<b>7. CONSTRUINDO A APRENDIZAGEM.....</b>	<b>83</b>
<b>8. O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....</b>	<b>91</b>
8.1. Automóveis e a Sociedade .....	91
8.2. As partes de um motor de combustão interna .....	93
8.3. Entendendo o funcionamento do motor .....	94
8.4. O motor de quatro tempos .....	94
8.5. O motor a diesel .....	96
<b>9. O MOTOR DE COMBUSTÃO E A CIÊNCIA .....</b>	<b>96</b>
9.1. Entropia .....	96
9.2. Pressão e trabalho mecânico .....	98
<b>10. CUIDADOS PARA UM BOM RENDIMENTO DO MOTOR.....</b>	<b>100</b>

<b>11. SUGESTÕES PARA PESQUISA.....</b>	<b>100</b>
<b>12. RECOMENDAÇÕES PARA LEITURA.....</b>	<b>101</b>
<b>13. SUGESTÕES PARA VÍDEO .....</b>	<b>102</b>
<b>14. ATIVIDADES INTEGRADORAS .....</b>	<b>102</b>
14.1. Química .....	102
14.2. Biologia – O Efeito Estufa.....	102
<b>15. CONSTRUINDO A APRENDIZAGEM.....</b>	<b>103</b>
<b>16. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>114</b>

## 1. APRESENTAÇÃO

---

Caro professor, este Produto Educacional foi desenvolvido durante o período do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizado pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) em parceria com o Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC). Este material procura sugerir uma nova metodologia para ser usada como ferramenta auxiliar no ensino particularmente da Física Térmica, mais especificamente da Termodinâmica.

Como hoje em dia tem sido muito notável a presença das novas tecnologias no cotidiano dos nossos alunos, tem-se tornado cada vez mais necessário que as próprias aulas façam, da melhor maneira possível, uso de muitas das inovações tecnológicas presentes atualmente, como, por exemplo, os *smartphones*, as simulações computacionais, os vídeos da *internet*, dentre outras. Este Produto Educacional, um livro de Termodinâmica contextualizada, faz uso do motor a combustão e do motor de um refrigerador para ir desenvolvendo de maneira mais concreta e aplicada os importantes conceitos de calor, temperatura, as leis da Termodinâmica, dentre outros.

Esperamos que este material possa ajudá-lo a despertar a curiosidade dos seus alunos e, acima de tudo, o desejo de realmente quererem aprender Física. Acreditamos que, com um livro tão repleto de exemplos do cotidiano, com aplicações práticas dos conceitos desenvolvidos, torne-se mais fácil o processo de ensino-aprendizagem da Física, tornando, assim, cada vez mais, o espaço da sala de aula um espaço realmente dialógico e não monológico.

## 2. ORIENTAÇÕES GERAIS – TUTORIAL

---

O Produto Educacional deste trabalho foi desenvolvido visando a auxiliar o professor em suas aulas de Termologia, especialmente no estudo da 1ª. e da 2ª. leis da Termodinâmica.

Para guiar o professor no uso deste Produto Educacional, segue abaixo um pequeno tutorial, com sugestões didático-metodológicas de aplicação do mesmo como complemento às aulas de Termologia.

### 2.1. Conteúdo programático de Termologia no Ensino Médio

No Ensino Médio, o curso de Termologia é normalmente ministrado com os seguintes assuntos:

- a.) Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura;
- b.) Dilatação térmica dos sólidos;
- c.) Dilatação térmica dos líquidos;
- d.) Propagação de calor (condução, convecção e irradiação);
- e.) Calorimetria (calor sensível e calor latente);
- f.) Diagramas de fases;
- g.) Estudo dos gases ideais e teoria cinética dos gases;
- h.) 1ª. lei da Termodinâmica;
- i.) 2ª. lei da Termodinâmica.

É interessante que o professor, no início do curso, apresente aos seus alunos o conteúdo programático anterior e faça uma breve explanação do que será estudado em cada um dos assuntos.



## 2.2. Introdução ao estudo da Termologia: conceitos de calor e temperatura

A parte **introdutória** é essencial porque é ela que vai dar início ao curso de Termologia, onde devem ser muito bem compreendidos e diferenciados os conceitos de **calor** e de **temperatura**. O primeiro passo nesse sentido é mostrar algum vídeo ou simulação computacional que diferencie bem esses conceitos, que precisam ser bem entendidos para um bom curso de Termologia. No Produto Educacional, existem seções bem especiais com *links clicáveis* de sugestões de vídeos, envolvendo esses aspectos. Com um simples *click* no *link*, na versão digital (*e-book*) do Produto Educacional, o aluno e o professor poderão ser redirecionados para o vídeo de interesse.

Portanto, deve ser uma aula bem motivadora, interativa, com curiosidades, vídeos, imagens, preferencialmente mostrando aspectos do cotidiano estudados nesse importante ramo da Física. É exatamente neste momento, ou seja, na **introdução**, que se pretende, com o nosso Produto Educacional sobre o motor de combustão e sobre o motor de um refrigerador, estimular os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos de **calor** e de **temperatura**, os quais, são muitas vezes confundidos pelos alunos (Caldeira & Martins, 1990).

No Produto Educacional, é sugerido, para ser mostrado aos discentes, um vídeo do *YouTube* explicando o funcionamento do **motor de quatro tempos** de um automóvel (Figura 11). Esse vídeo muito interessante é do canal **Manual do Mundo** (Thenório, 2015) no *YouTube*.

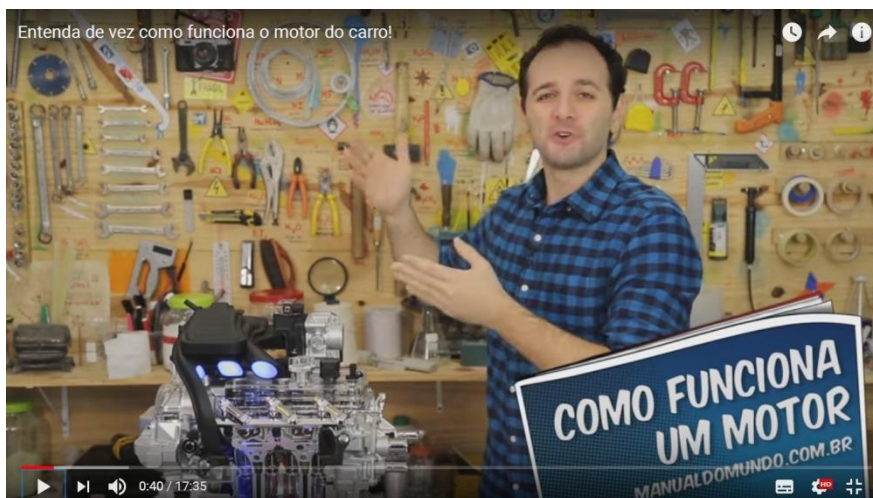


Figura 11: Vídeo sobre como funciona um motor de combustão

Fonte: Thenório, 2015

Trata-se de uma explicação muito prática utilizando um motor de quatro tempos e três cilindros e que a Nissan está trazendo para o Brasil. Com esse modelo tão cotidiano, o professor pode ir explorando e, ao mesmo tempo, desenvolvendo conceitos termodinâmicos tão essenciais como são os conceitos de calor, temperatura e trabalho. O aluno pode nitidamente perceber o combustível entrando no sistema e, em certo momento, sofrendo a combustão, liberando energia (calor) que, em parte, é convertida em energia cinética (trabalho) e, em parte, é dissipada para o ambiente.

Assim, o professor poderá oferecer um contato bem estimulante do aluno com o conceito de calor, entendê-lo na sua essência termodinâmica e o mais interessante é que, com uma imagem tão concreta como essa, a própria explicação dos assuntos poderá ser facilitada objetivando que o estudante responda a perguntas como essas:

- O que é o trabalho de um gás?
- O que é temperatura?
- O que é pistão e qual a sua função no cilindro de combustão?
- Como converter calor em trabalho?
- É possível, através de um processo cíclico como esse do motor de combustão, a conversão integral de calor em trabalho?

Assim, espera-se que um modelo tão aplicado, como é o do motor de combustão de um automóvel, possa auxiliar o professor no correto desenvolvimento da própria Termodinâmica.

Para tornar o Produto Educacional visual e esquematicamente interessante, foram utilizadas e também sugeridas várias imagens do *Google Imagens* (Google, 2018). No *Google Imagens*, podem ser encontradas várias imagens interessantes envolvendo os conceitos de calor e de temperatura. Uma indicação para o professor é que sejam criados *slides* em *Power Point* contendo algumas dessas figuras, objetivando, através da visualização, um melhor entendimento para o aluno acerca dos tópicos estudados.

### 2.3. O Motor de combustão e a Termodinâmica

Este é o principal momento do Produto Educacional desenvolvido neste trabalho. Como nosso foco é o ensino de Termodinâmica usando o motor de combustão e o motor de um refrigerador, é a partir deste ponto que se começa a usar o Produto propriamente dito.

Mais uma vez, no Produto Educacional, é sugerido assistir primeiramente, com os alunos, ao documentário do *The History Channel* sobre a **história dos motores** (Alves, 2013) (Figura 12).

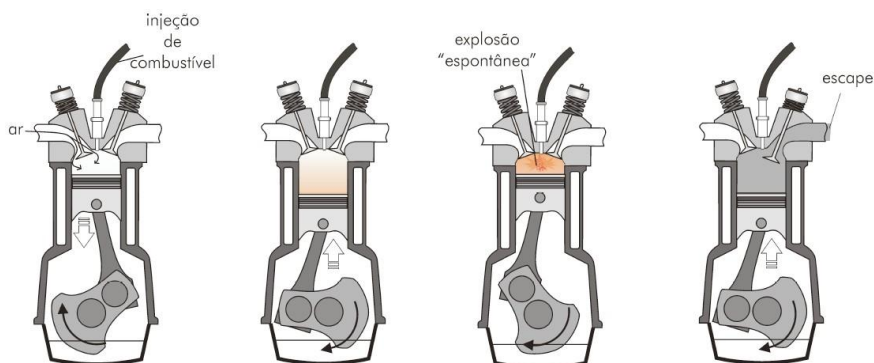


**Figura 12: Vídeo sobre a História dos motores**  
Fonte: Alves, 2013

Após a apresentação desse documentário tão interessante, pode-se realizar uma atividade de discussão sobre transformações de energia em cada um dos motores apresentados no filme, enfatizando os aspectos fundamentais de calor, trabalho e temperatura em cada um deles, principalmente nos motores a combustão e nas máquinas refrigeradoras. Nesse filme, o aluno poderá conhecer as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento dos primeiros motores de combustão. No início do Produto

Educacional, é feito um pequeno histórico sobre esses tipos de motores e sobre a importância deles para os automóveis e, conseqüentemente, para a sociedade.

Fazendo-se uso do Produto Educacional, após essas introduções, a aula prossegue agora para o estudo das partes de um motor de combustão interna, detalhando, através de imagens apresentadas, cada um de seus tempos. Sugere-se, agora, tanto ao professor como ao aluno, a leitura do Produto Educacional, onde são apresentados, com mais detalhes ainda, outros aspectos fundamentais ao funcionamento do motor de combustão.

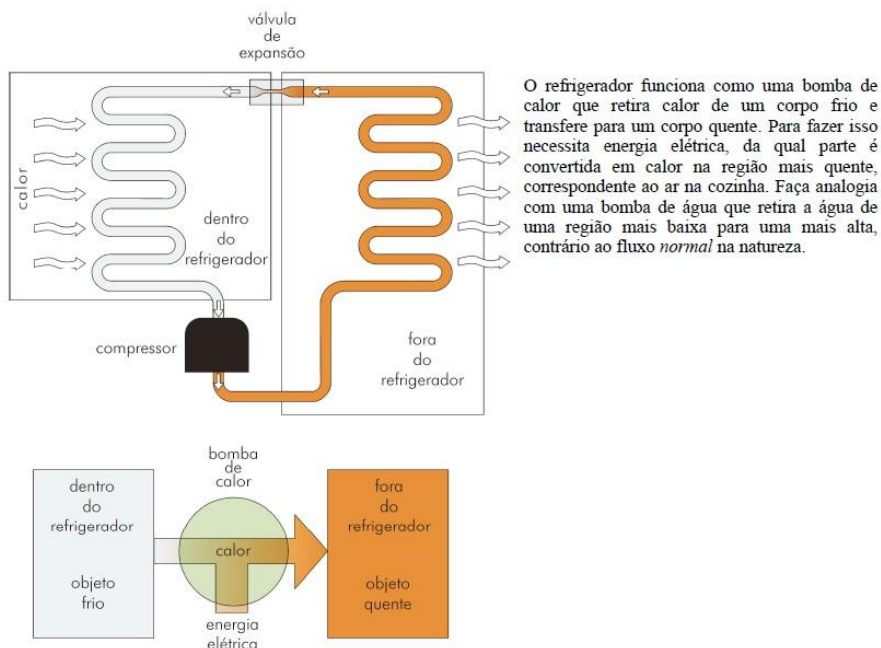


**Figura 13: Esquema do funcionamento de um motor a diesel.**  
**Fonte:** Imagem elaborada pelo autor para o Produto Educacional.

Perceba que o aluno terá dois formatos para aprender: o vídeo e o livro. Isso poderá oferecer ao docente uma dinâmica interessante para a aula, com essa intercalação entre o livro didático (ou paradidático) e o uso da tecnologia (computador, celular, *tablets*, dentre outras).

## 2.4. Os Refrigeradores e a Termodinâmica

No Produto educacional, na seção sobre **Refrigerador**, inicia-se este outro estudo apresentando ao aluno as razões para se refrigerar e as partes de um refrigerador (Figura 14).



**Figura 14: Esquema do funcionamento de um refrigerador.**  
**Fonte:** Imagem elaborada pelo autor para o Produto Educacional.

Perceba que a maneira com que as descrições desse funcionamento estão sendo feitas é bem acessível, porque o que se pretende é que os conceitos termodinâmicos sejam realmente “sentidos” pelos alunos, através de exemplos simples do cotidiano, e não simplesmente “passados” a esses alunos de maneira tão formal, rígida e sem aplicações práticas motivadoras.

Ainda nessa seção sobre refrigeradores, há uma subseção muito interessante onde o professor pode ensinar aos alunos sobre os **processos de transmissão de calor**: condução, convecção e irradiação.

Perceba que iniciamos a seção falando sobre refrigeradores e, agora, de maneira extremamente integrada a esse estudo, já estamos analisando um outro: a transmissão de calor. Pretende-se, com essa metodologia, permitir ao professor estabelecer junto aos alunos uma conexão clara entre os inúmeros assuntos estudados em Termodinâmica. Por exemplo, no caso do próprio refrigerador, pode-se explicar aos alunos o porquê de o congelador ficar na parte de cima da geladeira e, dessa forma, explicar o que é convecção térmica (Figura 15). Pode-se ainda mostrar, com a mesma explicação, o motivo da instalação de aparelhos de ar condicionado preferencialmente nas partes altas de um ambiente a ser refrigerado, já que esses aparelhos também são exemplos de máquinas refrigeradoras.



Figura 15: Convecção térmica na geladeira (à esquerda) e na sala com ar condicionado (à direita)

Fonte: < <https://slideplayer.com.br/slide/11120674/> >. Acesso em: 27 jul. 2018

Mais uma vez, ressalta-se a importância do uso de imagens, que podem ser apresentadas fazendo-se uso de *slides* no *Power Point*. A maior pretensão deste trabalho é mostrar a Física Térmica de maneira extremamente conectada ao cotidiano do aluno e, com isso, estimulá-lo para o estudo da mesma. São inúmeras as aplicações deste vasto tema de processos de transferência de calor: brisas marítimas e terrestres, efeito estufa, inversão térmica, dentre outros. No Produto Educacional, há uma seção muito interessante para tratar de vários deles. Portanto, é sugerido trabalhar esses temas em sala de aula, com o auxílio das próprias figuras, explicações teóricas, infográficos, sugestões de vídeos e atividades integradoras apresentados no Produto Educacional.

Finalmente, a seção sobre refrigeradores encerra-se com uma subseção sobre o **comportamento dos gases**. Nela, pretende-se realizar um estudo sobre **a teoria cinética dos gases** e sobre **as leis dos gases ideais**. Esse estudo é muito importante para a Termodinâmica, uma vez que seus conceitos são desenvolvidos fisicamente em cima da Termodinâmica dos gases ideais. Apresentamos o essencial que o aluno precisa saber para realizar um bom estudo da 1ª. e da 2ª. leis da Termodinâmica.

## 2.5. Construindo a aprendizagem – Seção de exercícios

No final de cada seção do Produto Educacional, apresenta-se uma série de exercícios contendo questões elaboradas pelo próprio autor, com base na **Matriz de Referência do ENEM para Ciências da Natureza**, e também contendo várias questões extraídas de provas de vestibulares do Brasil.

O objetivo da seção **Construindo a aprendizagem** é que o aluno possa exercitar os assuntos estudados nesse curso de Física Térmica. Após isso, o professor poderá realizar avaliações para mensurar a aprendizagem dos alunos com o uso das metodologias descritas neste tutorial de utilização do Produto Educacional desenvolvido neste trabalho.

## 3. O REFRIGERADOR

---

Hoje em dia, na cozinha de quase todas as casas no Brasil há um refrigerador. De tempos em tempos, você ouve o motor ligar, e pronto, as coisas se mantêm frias, como se fosse um truque de mágica. Sem o refrigerador jogaríamos fora muita comida.

Entretanto não foi sempre assim, há somente cinquenta anos o refrigerador era um artigo de luxo no Brasil, que somente as famílias mais ricas possuem. Hoje o refrigerador é um daqueles *milagres* da vida moderna que totalmente mudaram nossas vidas.

Antes do refrigerador, uma forma de preservar a carne era salga-la e seca-la ao sol, a conhecida com *carne de sol*, *carne seca*, ou *charque*, muito comum no nordeste brasileiro. Muitas vezes a carne era cozida em guardada em potes cheios da própria gordura para preservá-la.

Apesar da importância, utilidade e de ser muito comum nas casas das famílias brasileiras, poucas pessoas sabem *como* um refrigerador funciona. Normalmente as pessoas veem o refrigerador como uma “caixa branca” que simplesmente resfria por dentro.

Para entender como funciona um refrigerador é necessário compreender conceitos como o de temperatura e calor e é preciso também conhecer as *leis da termodinâmica*. Mas a ideia por trás do funcionamento do refrigerador é muito simples: ele usa a evaporação de um líquido para absorver calor.

Mas antes vamos ver os propósitos e as partes principais de um refrigerador.

### 3.1. Por que refrigerar?

A principal razão para se ter um refrigerador é para manter os alimentos resfriados. As baixas temperaturas dentro do refrigerador diminuem a velocidade da atividade das bactérias de forma que leva mais tempo para que elas deteriorem os alimentos. Assim o refrigerador mantém os alimentos “frescos” por mais tempo. Abordaremos sobre a ação das bactérias com mais detalhes no final desse capítulo.

A refrigeração e o congelamento são atualmente as duas formas mais comuns de preservação de alimentos. Existem outras maneiras que serão tratadas especificamente mais tarde nesse capítulo.

### 3.2. As partes de um refrigerador

Como já foi mencionado, o refrigerador utiliza a evaporação de um líquido para absorver calor. Você provavelmente já experimentou isso na própria pele (se ainda não observou esse fenômeno pode fazer a experiência): quando você coloca água na sua pele

isso faz com que você sinta o resfriamento à medida que essa água se evapora. O refrigerador funciona da mesma forma, somente que o líquido *refrigerante* não é a água, mas sim um que evapora a temperaturas baixíssimas, e assim cria temperaturas congelantes dentro do refrigerador. Se você colocasse esse líquido na sua pele ela congelaria, à medida que o líquido evaporasse.

Existem cinco partes principais em qualquer refrigerador:

- Compressor;
- Exaustor (condensador), a serpentina do lado de fora do refrigerador;
- Válvula de expansão;
- Exaustor (coletor), a serpentina dentro do refrigerador;
- Refrigerante, o líquido que evapora dentro do refrigerador para criar baixas temperaturas. Muitos modelos industriais usam amônia pura como refrigerante, a amônia evapora a  $-32$  graus Celsius.

A base do funcionamento do refrigerador é a seguinte:

1. O compressor comprime o gás refrigerante. Com isso aumenta a pressão e a temperatura do gás. Isso ocorre na serpentina do lado de fora do refrigerador, permitindo a dissipação do calor.
2. À medida que o refrigerante se esfria, ele condensa na forma líquida e flui através da válvula de expansão.
3. O líquido se move para regiões de pressão mais baixa, assim se expande e evapora. Isso acontece na serpentina dentro do refrigerador e ao evaporar o líquido absorve calor esfriando o ar dentro do refrigerador.

O ciclo então se repete, como esquematizado na figura abaixo:

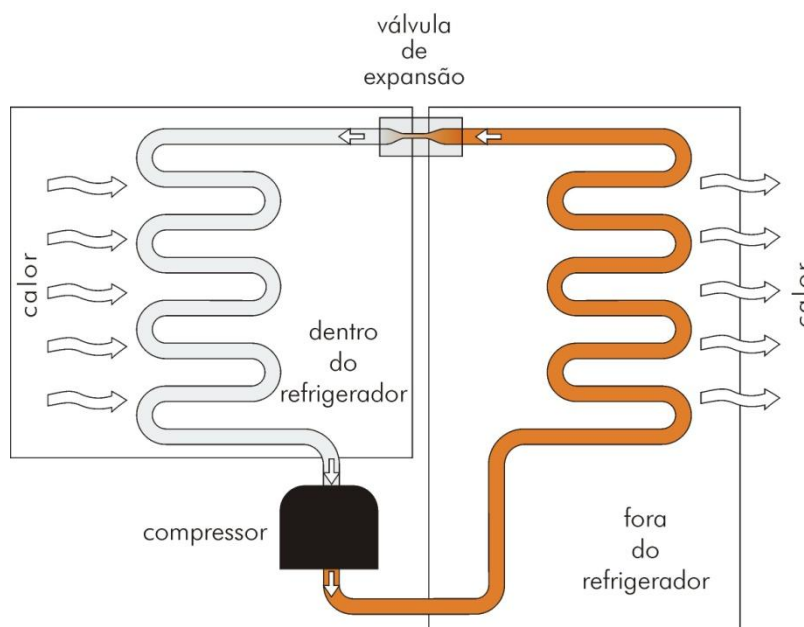


Figura 16: Diagrama esquemático do funcionamento do refrigerador.

### 3.3. Entendendo a refrigeração

Para entender melhor o processo de refrigeração, é preciso entender melhor os líquidos refrigerantes. Faça os experimentos 1 e 2.

### **Experimento 1**

#### *Material necessário*

1 panela para ferver água

1 termômetro que possa medir temperaturas maiores do que 100 °C.

1 fogão

#### *Procedimento*

Coloque a água na panela e leve ao fogo, coloque o termômetro na água.

Observe que a temperatura indicada no termômetro subirá até alcançar 100 °C. Ao alcançar esse ponto, a temperatura irá parar de subir, *mesmo com o fogo ainda ligado*. Todo calor adicionado ao líquido é absorvido no processo de evaporação.

### **Experimento 2**

#### *Material necessário*

1 recipiente de vidro que possa ir ao forno sem quebrar.

1 termômetro que possa medir temperaturas maiores do que 100 °C.

1 forno

#### *Procedimento*

Coloque a água no recipiente e leve ao forno, coloque o termômetro na água como mostrado na figura.

Observe que a temperatura indicada no termômetro subirá até alcançar 100 °C. Ao alcançar esse ponto, a temperatura irá parar de subir, *mesmo com o forno ainda ligado*. Novamente, todo calor adicionado ao líquido é absorvido no processo de evaporação.

Esses experimentos são bastante interessantes. Como pode acontecer que estamos ateando fogo na panela com água e ela não esquentar? Acontece que para vaporizar a água *precisa retirar calor de algum lugar* (no caso do Experimento 1, a água retira calor do fogo sob a panela, e, no caso do Experimento 2, a água retira calor do ar).

É justamente essa propriedade, o fato de que, para vaporizarem, os líquidos precisam retirar calor de *algum lugar*, que torna possível o processo de refrigeração no refrigerador.

Alguns líquidos evaporam a temperaturas bem mais baixas que a água. O nitrogênio líquido, por exemplo, evapora a aproximadamente  $-198\text{ °C}$ , isso é extremamente frio (por essa razão esse líquido é muito utilizado em experiências de laboratório e para armazenar produtos).

### **3.4. O ciclo de refrigeração**

Nos refrigeradores caseiros o mesmo líquido refrigerante é reutilizado ciclicamente. Nesse processo a temperatura no interior do refrigerador é reduzida e a temperatura do exterior é aumentada (é por isso que não se pode resfriar uma sala simplesmente utilizando-se uma geladeira aberta). Nesse ponto, se possível, realize o Experimento 3.

### Experimento 3

#### Material necessário

1 refrigerador

1 termômetro caseiro

#### Procedimento

Compare a temperatura dentro do refrigerador com a temperatura ambiente. Compare também a temperatura próxima à serpentina externa (condensador) do refrigerador, com a temperatura ambiente. Em que sentido o calor está sendo transportado? Se não houvesse o refrigerador, em que sentido o calor normalmente flui entre dois sistemas? Desligue o refrigerador e observe o transporte de calor resultante.

O líquido refrigerante deve ter propriedades especiais para ser utilizado em um refrigerador. Entre essas propriedades, a temperatura de ebulição do líquido é bastante importante, pois como já vimos, é nessa temperatura que o líquido deve operar. Nesse exemplo, assumimos que o líquido refrigerador utilizado é a amônia, que evapora a aproximadamente  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vamos analisar o funcionamento do refrigerador novamente com um pouco mais de detalhe:

1. O compressor comprime o gás amônia, e dessa forma o gás comprimido sofre um aumento de pressão e, conseqüentemente, de temperatura. Você já deve conhecer que para os gases ideais observa-se experimentalmente a relação  $PV = NkT$ , onde  $P$  é a pressão,  $V$  o volume,  $N$  é o número de moléculas de gás contido nesse volume, e  $k = 1,38 \times 10^{-23}\text{ J/K}$  é conhecida com a constante de Boltzmann.
2. A serpentina na parte traseira do refrigerador permite que o gás quente dissipe calor. Assim o gás condensa em amônia líquida a alta pressão (a uma pressão de 11417 kPa a amônia se liquefaz, isso equivale a  $\sim 113\text{ atm}$ )
3. A amônia líquida em alta pressão então flui para a região de baixa pressão através da válvula de expansão.
4. Ao passar por essa válvula amônia líquida evapora, sua temperatura cai para  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  tirando calor do interior do refrigerador para isso, fazendo, portanto, com que o interior do refrigerador se esfrie.
5. O gás de amônia é então comprimido pelo compressor, liquefeito no condensador, e o ciclo se repete.

O líquido refrigerante deve ter propriedades especiais para ser utilizado em um refrigerador. Esse gás deve se evaporar facilmente quando a sua pressão abaixa, para que se evapore ao passar pela válvula de expansão, e liquefazer facilmente quando a pressão aumenta, quando comprimido pelo compressor. Além disso, sua temperatura de ebulição deve ser baixa, já que é nessa temperatura que o líquido deve operar.

O gás amônia ( $\text{NH}_3$ ) foi muito utilizado para esse fim até o início do século XX. A temperatura de ebulição, a uma pressão de 101 kPa (1 atm), é de  $-33,3^{\circ}\text{C}$ , o que significa que o líquido de amônia “ferve” a essa temperatura e portanto essa é a temperatura em que o líquido é mais normalmente utilizado. Além disso sua a pressão na qual esse gás se liquefaz é de 11417 kPa ( $\sim 103\text{ atm}$ ), valor facilmente obtido com o compressor. Esses valores são ótimos para aplicações em refrigeradores e freezer caseiros, entretanto por ser muito tóxico e corrosivo, a amônia representava perigo às pessoas, sendo substituída pelos clorofluorcarbonos, CFCs, também conhecidos como Freons, marca registrada pela empresa Du Pont para seus gases refrigerantes à base de CFCs, no início do século XX.



O CFC-12 (*Diclorodifluorometano* –  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ) substituiu a amônia na maioria dos refrigeradores. Além de não ser tóxico para os humanos, não inflamável e não corrosivo, e assim mais seguro para uso nas cozinhas, sua temperatura de ebulição é de  $-29,8\text{ }^\circ\text{C}$  e se liquefaz a 4113 kPa ( $\sim 40\text{ atm}$ ), valores próximos aos da amônia. Em 1974, entretanto, os químicos F. S. Rowland e M. Molina<sup>1</sup> mostraram que os CFCs se decompõem na estratosfera pela ação de raios ultravioleta, se tornando a maior fonte de átomos de cloro na estratosfera. Além disso, Rowland e Molina mostraram que os átomos de cloro na estratosfera podem destruir a camada de ozônio. Essa pesquisa foi base para um tratado internacional em Montreal, no ano 1987, para redução da produção dessas substâncias, e resultou no prêmio Nobel de Química em 1995 para os autores.

A assinatura do tratado de Montreal em 1974, e seus aditivos em 1990 e 1992, levaram ao término da manufatura desses químicos, com poucas exceções, por volta de 1996. Os hidrofluorcarbonos, HFCs, são considerados os melhores substitutos aos CFCs, por não possuírem cloro e assim não destruírem a camada de ozônio. O conhecido como HFC-134a, *tetrafluoretano* –  $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ , tem substituído os CFC na maioria dos refrigeradores modernos. As propriedades físicas desse refrigerante estão listadas na tabela abaixo, juntamente com outros materiais utilizados.

Refrigerante	Nome químico	Fórmula química	Temperatura de ebulição em 101 kPa (1atm), $^\circ\text{C}$	Pressão crítica <sup>a</sup> , kPa
amônia	<i>amônia</i>	$\text{CH}_3$	$-33,3$	11417
CFC-12	<i>diclorodifluorometano</i>	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	$-29,8$	4113
HFC-134a	<i>tetrafluoretano</i>	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$	$-26,2$	4067
R-12	-	(contém Cl)	$-33,5$	4423

<sup>a</sup>A pressão crítica é tal que a partir desse ponto não há distinção entre líquido e gás – essa é uma indicação da pressão no condensador.

## 4. O REFRIGERADOR E A CIÊNCIA

Descrevemos então o funcionamento de um refrigerador. Mas, para isso, foram utilizados vários termos científicos como temperatura, calor, pressão, evaporação, e outros conceitos científicos do campo da Física. Nessa seção, vamos relembrar o significado de alguns desses termos.

### 4.1. Calor e temperatura

Os objetos do mundo que nos rodeia são compostos de inúmeros átomos que estão em movimento constante. Esse movimento dos átomos não pode ser “visto”, mas acontece incessantemente para todos os lados no interior dos objetos. A energia que mantém esse movimento é conhecida como *energia térmica*, que chamaremos *calor*<sup>2</sup>. A forma como

<sup>1</sup> Molina, M. J. e F. S. Rowland, *stratospheric sink for chlorofluoromethanes” Chlorine atom catalyzed destruction of ozone*, Nature, 249, 810-814, 1974.

<sup>2</sup> O conceito de energia, abordando energia térmica ou *calor* foi discutido no livro *Energia e Movimento* (pág. 21).

percebemos esse movimento agitado dos átomos que compõe um objeto é através de sua *temperatura*.

**Se uma pessoa estiver dentro de um carro a 110 km/h sua energia térmica aumenta? E a energia cinética de cada um dos átomos que constituem essa pessoa?**

É importante notar que nem toda energia de movimento dos átomos de um objeto é energia térmica. Por exemplo, em um pedaço de carvão em brasa tem muita energia térmica, os átomos do pedaço de carvão estão se movendo muito no seu interior. Entretanto, se alguém mover o pedaço de carvão como um todo, de forma que todos os seus átomos ganhem movimento na mesma direção, *de forma organizada*, esse movimento não estará associado com energia térmica. Apenas a energia cinética devido ao movimento relativo de átomos e moléculas que formam o material contribui para energia térmica. A *energia térmica é desordenada por natureza*.

Normalmente, ao tocarmos objetos diferentes, podemos verificar qual é o *mais quente* ou *mais frio*, mas não podemos distinguir com precisão o *quanto*. Para isso utilizamos os termômetros, equipamentos que podem medir temperatura, que como vimos é uma grandeza que reflete a quantidade de movimento dos átomos que compõe os objetos, ou seja, reflete a velocidade média desses átomos. Os termômetros normalmente utilizam o fato de que uma mudança de temperatura em muitos materiais causa uma mudança em seu tamanho. Observe um termômetro caseiro. Quando a temperatura aumenta, o líquido (usualmente mercúrio) se expande visivelmente e podemos medir essa expansão através de uma escala calibrada. (tipicamente alguns milímetros de expansão correspondem a um grau Celsius). O que nos traz então às *escalas termométricas*.

**A variação de tamanho dos objetos, provocada por mudanças de temperatura, é normalmente muito pequena, mas perceptível. Note que na construção de pontes e trilhos de trem, são deixados espaços para que se permita a expansão dos mesmos, provocada por aumentos de temperatura.**

Para se definir escalas termométricas, como a Escala Celsius, por exemplo, se utilizam efeitos físicos que sempre se repetem à mesma temperatura. No caso da escala Celsius utiliza-se o ponto de fusão e ebulição da água. Estabeleceu-se que o ponto de fusão da água (a temperatura em que o gelo vira água em determinadas condições) corresponde a 0 °C e que a temperatura em que a água evapora corresponde a 100°C, e estabeleceu-se que a escala está uniformemente distribuída nesse intervalo.

Assim, precisamos estar atentos para o fato de que quando utilizamos expressões como *“quente”* e *“frio”* estamos nos referindo à temperatura do objeto, uma medida do movimento dos átomos que compõe. Por outro lado *calor* se refere, do ponto de vista da linguagem científica, à energia térmica necessária para manter esse movimento. A frase - *estou com calor hoje* - pode, portanto, ser interpretada na linguagem científica como *“estou com energia térmica para manter o movimento de meus átomos”*.

**Calor:** energia térmica que mantém e movimento desordenado dos átomos e moléculas que constituem um objeto.  
**Temperatura:** medida dessa quantidade de movimento dos átomos e

## 4.2. Calor em movimento – Termodinâmica

Quando colocamos um objeto frio em contato térmico com um outro objeto quente, notamos que a temperatura do primeiro aumenta, enquanto que a temperatura do segundo diminui. É sempre assim.

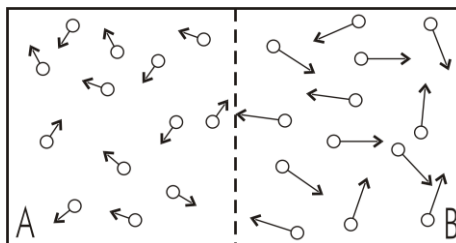


Figura 17: Átomos em movimento em dois objetos em contato térmico, sendo que o objeto A está mais frio que o objeto B. As setas representam as velocidades dos átomos.

Do ponto de vista microscópico, isso pode ser intuído imaginando-se que, no objeto *mais quente*, a velocidade média dos átomos é maior que a velocidade média dos átomos no objeto mais frio. Quando os dois objetos são colocados em contato, alguns átomos do objeto quente vão se chocar com átomos do objeto frio, transferindo quantidade de movimento para esses. Dessa forma, a velocidade média dos átomos no objeto frio vai lentamente aumentando, enquanto que a velocidade média dos átomos no objeto quente vai diminuindo. O que significa dizer que a temperatura do objeto mais frio aumenta e a temperatura do objeto mais quente diminui. Após um certo período, as temperaturas dos dois objetos serão iguais. Diz-se então que calor *flui* naturalmente do objeto mais quente para o objeto mais frio até que o *equilíbrio térmico* se estabeleça, ou seja, que as temperaturas dos dois objetos sejam iguais, e calor pare de fluir entre eles.

O transporte, ou movimento, de calor, parece, dessa forma, obedecer a certas *leis*, conhecidas como as *leis da termodinâmica*. Essas leis são baseadas na observação experimental.

A **lei zero da termodinâmica** é bastante simples e muito útil, e reflete a observação de que *dois objetos que estão em equilíbrio térmico com um terceiro objeto, eles também estão em equilíbrio entre si*. Observe a importância dessa lei: se o café em uma xícara está em equilíbrio térmico com um termômetro que marca  $60^{\circ}\text{C}$ , e o leite também está em equilíbrio com o mesmo termômetro, pode-se afirmar que o café e o leite estão na mesma temperatura. Notem que é a lei zero da termodinâmica que, apesar de aparentemente bastante óbvia, nos permite pensar no conceito de termômetros.

A **primeira lei da termodinâmica** é um reflexo do princípio da conservação da energia<sup>3</sup>. Como esse princípio está relacionado com o fato de que *energia não se destrói*, você não poderia resfriar os alimentos em um refrigerador simplesmente *destruindo* parte de sua energia térmica. Para resfriar é *preciso*, portanto, *transferir energia térmica para outro ambiente, ou converter energia térmica em alguma outra forma de energia*.

Os átomos que constituem um determinado objeto possuem *energia potencial* e *energia cinética* (parte da qual relacionamos com energia térmica). Chamamos a soma de toda energia potencial e cinética desses átomos de *energia interna* do objeto, e normalmente nos referimos a ela pelo símbolo  $U$ . Essa energia interna do objeto pode ser aumentada ou diminuída. Para aumentar a energia interna, pode-se transferir uma quantidade de calor para o objeto, que será representado aqui pelo símbolo  $Q$ . Por outro lado, o objeto poder perder uma parte dessa energia interna através da realização de *trabalho*<sup>4</sup> na sua vizinhança, para o qual utilizaremos o símbolo  $\tau$ . Nesse caso a primeira lei da termodinâmica é enunciada da seguinte forma: *a mudança na energia interna de um*

<sup>3</sup> Ver Energia e Movimento, pág.15.

<sup>4</sup> A palavra trabalho, aqui, tem o sentido físico de *força multiplicada por deslocamento*.

objeto é igual ao calor transferido a esse objeto menos o trabalho realizado pelo objeto em sua vizinhança.

$$\Delta U = Q - \tau$$

A **segunda lei da termodinâmica** é uma lei da física bastante simples que pode ser enunciada de várias maneiras equivalentes, uma delas é a seguinte: *o calor nunca flui, espontaneamente, de um objeto frio para um objeto quente.*

Nesse enunciado da segunda lei da termodinâmica, a palavra *espontaneamente*, é muito importante. Se não fosse possível, em alguns casos, retirar calor de um objeto frio e transferir esse calor para outro objeto quente, nós nunca teríamos refrigeradores!

Note que do ponto de vista da primeira lei da termodinâmica não haveria problemas. Se colocarmos um objeto frio em contato térmico com outro quente e o calor flui do mais frio para o mais quente, contanto que o calor perdido pelo objeto frio seja totalmente transferido para o quente, de forma que a quantidade total de calor, e, portanto, de energia, permaneça constante, de acordo com a primeira lei não teria problemas. Mas a segunda lei da termodinâmica reflete o fato de que isso *nunca acontece espontaneamente*. A experiência nos mostra que acontece o contrário, se dois objetos forem postos em contato térmico, e esse sistema for deixado isolado, o calor flui do mais quente para o mais frio até que atinjam o equilíbrio termodinâmico à mesma temperatura. A segunda lei já foi discutida no início dessa seção do ponto de vista microscópico. Calor, ou energia térmica está, associado com o movimento relativo *desordenado* dos átomos e/ou moléculas que compõe todos os objetos. Quanto mais quente um objeto, maior a desordem.

Criar desordem é relativamente simples. Se partirmos de um conjunto de átomos ordenado e espalhamos aleatoriamente alguns átomos criamos facilmente desordem. Isso é o que acontece com os átomos de um objeto frio quando este é posto em contato térmico com outro objeto quente. Mas o contrário é pouco provável. Se partirmos de um conjunto de átomos com movimento desordenado (mais quente), para que esse conjunto tornar-se ordenado (mais frio), é necessário que todos os átomos se movam de maneira coordenada, espontaneamente, na maneira exata, para criar organização. Uma vez que esse comportamento coordenado dos átomos é muito improvável, nunca observamos o calor fluir por si mesmo de um objeto frio para outro quente.

Por outro lado, quando um objeto quente perde energia térmica para o frio criando-se desordem, o movimento dos seus átomos continua desordenado. Isso ocorre porque *o calor causa mais desordem a um objeto frio do que causa ordem a um objeto quente*. Nesse caso, a desordem total do sistema isolado<sup>5</sup>, composto de objeto quente mais objeto frio, de fato *umenta*. Os físicos utilizam a palavra *entropia* para o conceito que formalmente representa uma medida da desordem de um sistema. Assim, uma outra forma de enunciar a segunda lei da termodinâmica é a seguinte: *a entropia em um sistema isolado sempre aumenta.*

#### **Lei zero da termodinâmica**

Se dois objetos estão em equilíbrio térmico com um terceiro objeto, eles também estão em equilíbrio entre si

#### **Primeira lei da termodinâmica**

A mudança na energia interna de um objeto é igual ao calor transferido a esse objeto menos o trabalho realizado pelo objeto em sua vizinhança.

#### **Segunda lei da termodinâmica**

O calor nunca flui, espontaneamente, de um objeto frio para um objeto quente.

<sup>5</sup> *Sistema isolado*, rigorosamente, significa que nenhuma energia é adicionada ou removida do sistema durante o processo físico de transferência de calor entre os corpos que constituem o sistema.

### 4.3. Máquinas térmicas

Felizmente, para os que gostam de sorvete ou de água bem geladinha, é possível transferir calor de um objeto frio para um quente, tornando o frio mais frio e o quente mais quente, sem que a segunda lei da termodinâmica deixe de ter sentido.

É exatamente isso que o refrigerador faz: tira calor de um objeto frio (o interior do refrigerador com sorvete, por exemplo), de forma que ele fica mais frio, e transfere esse calor para um objeto quente (o ar da cozinha), de forma que ele fica mais quente. Mas considerando como *sistema* o interior do refrigerador mais o ar da cozinha, e como a desordem causada pelo aquecimento do ar é menor do que a ordem deixada no resfriamento do interior do refrigerador, aparentemente a entropia total do sistema diminui, e a segunda lei da termodinâmica aparentemente está sendo violada! Espere aí, será que não podemos afirmar que *o calor sempre flui espontaneamente do objeto mais quente para o mais frio*?

Novamente é preciso salientar a palavra *espontaneamente* na segunda lei da termodinâmica, pois no caso do refrigerador o calor flui do objeto mais frio para mais quente, mas para isso precisamos *adicionar energia ao sistema*. O refrigerador precisa de eletricidade para funcionar. Nesse caso o *sistema* composto pelo interior do refrigerador mais o ar da cozinha *não está isolado*, no sentido de que energia elétrica está sendo adicionada ao sistema. Assim a energia elétrica adicionada causará uma desordem adicional no ar da cozinha, de forma que a desordem, e, portanto, a entropia do sistema composto de fato aumenta. Assim a segunda lei da termodinâmica está salva.

Podemos dizer que o refrigerador funciona como uma *bomba de calor*, que precisa de energia para funcionar.

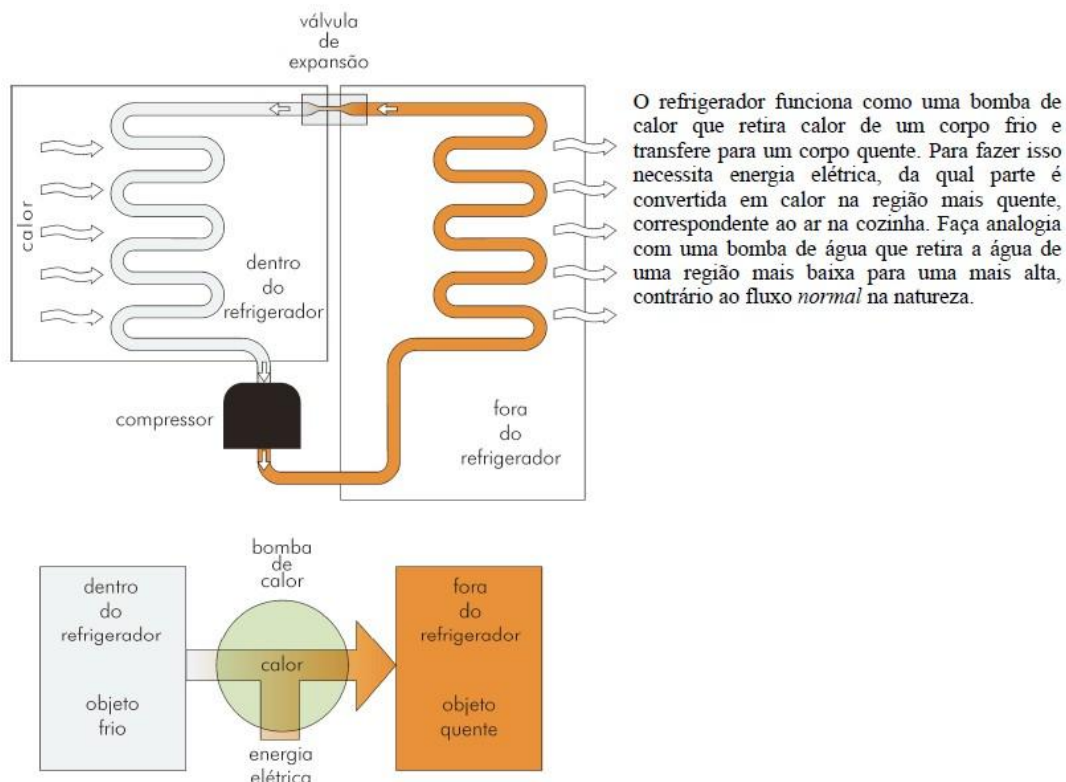


Figura 18: Esquema de funcionamento de uma máquina refrigeradora

#### 4.4. Transmissão de calor

Uma vez que o ar no interior do refrigerador se resfria, como isso passa para os alimentos? E porque a temperatura no interior do refrigerador não aumenta novamente se mantermos sua porta fechada? A resposta a essas questões está no fato de que existem várias formas de transmissão de calor.

A transmissão de calor por **condução** acontece principalmente nos sólidos. Normalmente os bons condutores de eletricidade são bons condutores de calor, pois nesse caso a energia térmica é transmitida de uma posição para outra através dos elétrons que são bastante livres para se mover nesses materiais. Os materiais isolantes elétricos são também, normalmente, maus condutores de calor (isolantes térmicos).

No refrigerador o papel dos isolantes térmicos é bastante importante. Eles têm a função de não permitir que calor seja transmitido do exterior do refrigerador para seu interior, através das paredes da caixa do refrigerador.

##### *Experimento 4*

##### **Material necessário**

- 1 clipe de papel
- 2 caixas de fósforo
- 1 vela

##### **Procedimento**

Utilize dois palitos de fósforo quebrados ao meio. Acenda a vela e prenda os palitos no clipe com a cera derretida desta. Utilize as caixas de fósforo como suportes para o clipe de papel com os palitos. Em seguida, corte um pedaço da vela de forma a caber debaixo da armação montada como mostram as figuras abaixo:



A transmissão de calor por **convecção** ocorre principalmente nos gases e líquidos. Esse tipo de transporte de calor é muito importante na tecnologia do refrigerador, pois é dessa forma que o ar retira calor dos objetos dentro do refrigerador.

O calor é transmitido através de convecção, dos alimentos para o ar no interior da geladeira da seguinte forma:

- A ar na parte superior, em contato com a serpentina por onde passa o líquido refrigerante, perde calor para a serpentina e sua temperatura diminui, portanto, a sua pressão diminui.

- O ar mais quente na parte de baixo, portanto, fica com uma pressão maior.

- O fluido de mais alta pressão se movimenta na direção de pressão mais baixa (veja quadro explicativo abaixo).

- Esse movimento leva o ar mais quente para cima e o mais frio para baixo.

- O ar frio mais abaixo retira calor dos alimentos e sua temperatura aumenta.

- Por sua vez o ar quente na parte de cima se resfria trocando calor com a serpentina por onde passa o líquido refrigerante.

- O ciclo se repete criando uma *corrente de convecção*.



**Figura 19: Correntes de convecção no interior de uma geladeira**

$\vec{F}_R = \vec{F}_Q + \vec{F}_F$

Considere um pequeno volume de ar contido em um cubo de área lateral  $A$ . Suponha que esse volume de ar está inicialmente parado, mas sujeito a temperaturas, e, portanto, pressões diferentes em dois lados, como na figura ao lado.

Uma vez que pressão é definida como força por unidade de área,

$$P = \frac{F}{A},$$

e como as áreas do cubo são iguais, teremos que a força sobre o cubo no lado quente,  $\vec{F}_Q$ , apontando para a direita, deve ser maior que a força no lado frio,  $\vec{F}_F$ , apontando para esquerda.

A força resultante dada pela soma vetorial,

$$\vec{F}_R = \vec{F}_Q + \vec{F}_F,$$

será, portanto, uma força para a direita.

Se o pequeno volume está inicialmente parado, deverá iniciar um movimento devido à ação dessa força resultante, indo da região mais quente (maior pressão) para a mais fria (menor pressão).

Calor pode também ser transmitido através de um processo conhecido como **radiação**. É dessa forma que o calor do Sol chega ao nosso planeta, já que no espaço não existe ar ou outros gases para que o calor venha do Sol até a terra por convecção. Assim

sendo a transmissão de calor por radiação é processo mais importante de todos, sem ele não haveria vida no nosso planeta.

Todos corpos aquecidos emitem radiação, normalmente na faixa de frequências de  $10^{11}$  a  $10^{14}$  Hz, conhecida com *infravermelho*.

#### 4.5. O comportamento dos gases

Vimos na seção 2.4, quando estudamos o ciclo de refrigeração do refrigerador, que o gás refrigerante obedece a relação

$$PV = NkT,$$

onde  $P$  é a pressão,  $V$  o volume,  $N$  é o número de moléculas de gás contido nesse volume,  $k = 1,38 \times 10^{-23}$  J/K é conhecida com a constante de Boltzmann.

Essa relação, conhecida como *lei dos gases perfeitos*, pode ser verificada experimentalmente. Aumentando-se a pressão,  $P$ , e medindo-se o volume  $V$  de um gás, mantendo a temperatura constante pode se verificar a *lei de Boyle-Mariotte*, que o produto

$$PV = P_0V_0,$$

se mantém constante durante todo o processo, onde  $P_0$  é a pressão,  $V_0$  o volume do gás no início do experimento.

Já se for mantida uma pressão constante, variando-se a temperatura  $T$ , e medindo-se o volume verifica-se a *lei de Charles e Gay-Lussac*,

$$\frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0},$$

onde  $T_0$  é a temperatura inicial do gás.

Agrupando-se essas duas leis chega-se a expressão,

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0},$$

onde  $\frac{P_0V_0}{T_0} = Nk$  depende do número e partículas de gás.

A *lei dos gases perfeitos* pode também ser deduzida a partir da *teoria cinética dos gases*. Essa teoria assume que os gases são compostos de um numero muito grande de átomos ou moléculas que interagem entre si através de forças elétricas e obedecem as leis da mecânica. A *lei dos gases perfeitos*, entretanto não é válida para todos os gases, ou para quaisquer valores de temperatura, pressão e volume. É válida, entretanto, em uma larga faixa de valores, considerados *ideais* ou *perfeitos*. Para os propósitos desse livro, podemos considerá-la válida.



### Experimento 5

#### Material necessário

1 pedaço de papel cartão, aproximadamente 15 cm × 15 cm

1 tesoura

1 prego ou alfinete

1 fogão

#### Procedimento

Corte o papel cartão no formato de um círculo de aproximadamente 10 cm de diâmetro. Faça oito cortes radiais igualmente espaçados, e em seguida dobre o papel fazendo um *cata-vento*, como mostrado na figura. Passe o alfinete ou prego através do centro do cata-vento, se certificando que esse gira bem solto.

Acenda o fogareiro do fogão e posicione o cata-vento sobre esse e observe.



## 5. SUGESTÕES DE VÍDEOS

---

A seguir, são sugeridos alguns vídeos do *YouTube* relacionados aos temas estudados até agora. Utilize-os como ferramentas auxiliares na aprendizagem de Termodinâmica. É só clicar no próprio *link*:

- **Animação sobre máquina refrigeradora:**

<https://www.youtube.com/watch?v=tHhIr9OBkbM>



QR-Code: Aponte a câmera do seu celular para este código para acessar o *link*.

- **Vídeo-aula sobre como funciona um aparelho de ar condicionado:**

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



- **Como funciona um ar condicionado *split*:**

[https://www.youtube.com/watch?v=dw\\_nUvqoWGI](https://www.youtube.com/watch?v=dw_nUvqoWGI)



- **Animação com comentários sobre as funções de cada parte do refrigerador**

<https://www.youtube.com/watch?v=VHrfdax3GA>



- **Como fazer uma geladeira caseira que chega a 5,6 °C:**

<https://www.youtube.com/watch?v=O7NuMwVCdt0>



## 6. ATIVIDADES INTEGRADORAS

---

### 6.1. Biologia – Alterações dos alimentos

Os alimentos estão sujeitos a sofrerem alterações, estragando-se ou deteriorando-se quando não consumidos logo após a colheita e ou abate, se precauções não forem tomadas visando sua preservação. Estas alterações podem ser classificadas em biológicas, químicas e físicas.

As alterações biológicas são resultantes da ação de organismos vivos que estragam ou decompõem os alimentos logo após a colheita ou abate, ou durante as fases de processamento e armazenamento. Esses organismos são representados pelos fungos ou bolores, bactérias, levedura, fagos e protozoários; podendo ocasionar alterações nos alimentos como as fermentações, putrefações e alterações de aparência.

A fermentação é um processo onde ocorre a decomposição de hidratos de carbono pela ação de microorganismos, com desprendimento ou não de gases, formando produtos mais ou menos deteriorados, porém não-tóxicos.

Na putrefação ocorre decomposição anaeróbia de substâncias nitrogenadas, com desprendimento de gases de mau cheiro, originando produtos deteriorados e muitas vezes com produção de toxinas.

As alterações de aparência consistem no desenvolvimento de microorganismos sobre os alimentos, sem aparentemente causar outra alteração específica, mas modificando a estética do alimento e sua atratividade, tornando-os refutáveis ao consumo humano.

Outro fator importante é o desenvolvimento de micotoxicoses que se referem às intoxicações decorrentes de metabólitos venenosos produzidos por fungos; esses metabólitos são denominados de micotoxinas e um exemplo é a aflatoxina produzida por cepas de *Aspergillus flavus*.

Os alimentos podem também ser comprometidos pela ação dos insetos e dos roedores que podem modificar o alimento consumindo-os no todo ou em parte, caracterizando um processo de infestação, ou ainda indiretamente pela disseminação de doenças através de vetores como moscas, baratas e ratos.

As alterações químicas dos alimentos envolvem a combinação de substâncias existentes no alimento entre si ou com outras substâncias estranhas, como o oxigênio do ar e o estanho presente nas latas. Essas combinações podem ocorrer de forma espontânea ou podem ser iniciadas por ruptura mecânica ou ataque microbiano. Um exemplo da alteração química é o escurecimento da banana que ocorre devido ação de enzimas sobre compostos derivados do catecol transformando-os em ortoquinonas. Estas sofrem polimerização originando polímeros de cor parda conhecido como melanoidinas.

Os alimentos podem também sofrer alterações físicas. Essas alterações podem ser representadas por danos mecânicos como quebra, amassamento e cortes. Além disso,

agentes como o ar, a luz e a temperatura podem ocasionar alterações na cor, sabor e aparência dos alimentos.

O homem e os microrganismos têm muito em comum no que se refere às suas necessidades nutricionais. Assim os microrganismos podem encontrar nos alimentos condições ótimas para o seu desenvolvimento. No entanto, os alimentos diferem entre si quanto à maior ou menor susceptibilidade que apresentam a esse desenvolvimento microbiano. Um dos fatores importantes para essa susceptibilidade é a percentagem de água existente no alimento. Com base nisso, os alimentos podem ser agrupados perecíveis semiperecíveis e não perecíveis.

Os alimentos perecíveis contêm elevado teor de água e constitui um grupo que se altera rapidamente, são exemplos desse grupo carnes, pescados, ovos, leite, certas frutas e hortaliças. Para evitar sua prévia alteração, esses alimentos devem ser conservados por métodos preservativos específicos como o resfriamento e o/ou congelamento.

Os alimentos menos suculentos como banana e maçã são semiperecíveis e podem permanecer inalterados por longo tempo desde que sejam apropriadamente manipulados.

Os alimentos não perecíveis apresentam grande resistência ao ataque de microrganismos por possuírem um teor de umidade baixo, são exemplos a farinha, o feijão o açúcar...

Assim, segundo a susceptibilidade do alimento a deterioração e à sua conservação podem ocorrer ou não as referidas alterações alimentares podendo inclusive ocorrer infecções e intoxicações. Ou seja, se o microrganismo encontrar condições favoráveis para seu crescimento o mesmo irá proliferar podendo causar alterações ou deteriorações características. Os fatores que produzem essas condições ambientais são inter-relacionados e determinam o organismo que vai ter melhores condições de vida e os efeitos que serão produzidos. Ou seja, o estado físico do alimento, sua natureza coloidal, se ele foi congelado, aquecido, umedecido ou desidratado, juntamente com sua estrutura biológica, podem ter influência marcante em se o alimento se estragará ou não e qual o tipo de alteração que irá ocorrer. Um fator extremamente importante para o crescimento dos microrganismos nos alimentos é a temperatura. Para cada microrganismo, existe uma temperatura mínima, ótima e máxima; a temperatura ótima é aquela na qual o crescimento se dá com toda a velocidade; mínima, aquela na qual já não há crescimento; e máxima aquela na qual acima dela todo crescimento cessa. Vale salientar que os tipos de temperatura variam entre as bactérias, assim existem aquelas que apresentam sua temperatura ótima de desenvolvimento abaixo de 20°C (Criófilas), as que apresentam desenvolvimento ótimo em temperaturas de 20 a 45°C (Mesófilas) e aquelas cuja temperatura ótima é acima de 45°C (Termófilas).

## **7. CONSTRUINDO A APRENDIZAGEM**

---

Esta seção destina-se aos exercícios para ajudar na aplicação dos assuntos estudados até aqui. São questões extraídas de várias fontes: de vestibulares, do ENEM e algumas foram elaboradas pelos autores deste livro.

### **7.1. (ENEM – 1999)**

---

A deterioração de um alimento é resultado de transformações químicas que decorrem, na maioria dos casos, da interação do alimento com microrganismos ou, ainda, da interação com o oxigênio do ar, como é o caso da rancificação de gorduras. Para conservar por mais tempo um alimento deve-se, portanto, procurar impedir ou retardar ao máximo a ocorrência dessas transformações. Os processos comumente utilizados para conservar alimentos levam em conta os seguintes fatores:

- I. microrganismos dependem da água líquida para sua sobrevivência.
- II. microrganismos necessitam de temperaturas adequadas para crescerem e se multiplicarem.
- III. a multiplicação de microrganismos, em geral, é mais rápida entre 25°C e 45°C, aproximadamente.
- IV. transformações químicas têm maior rapidez quanto maior for a temperatura e a superfície de contato das substâncias que interagem.
- V. há substâncias que acrescentadas ao alimento dificultam a sobrevivência ou a multiplicação de microrganismos.
- VI. no ar há microrganismos que encontrando alimento, água líquida e temperaturas adequadas crescem e se multiplicam.

Em uma embalagem de leite “longa-vida”, lê-se : “Após aberto é preciso guardá-lo em geladeira”

Caso uma pessoa não siga tal instrução, principalmente no verão tropical, o leite se deteriorará rapidamente, devido a razões relacionadas com

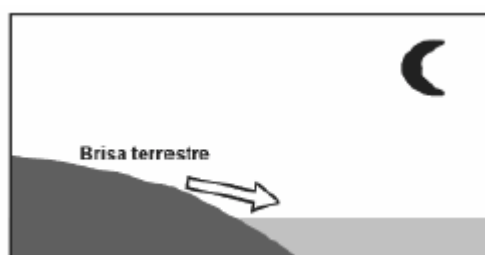
- a.) o fator I, apenas.
- b.) o fator II, apenas.
- c.) os fatores II ,III e V , apenas.
- d.) os fatores I,II e III, apenas.
- e.) os fatores I, II ,III , IV e V.

## 7.2. (ENEM – 2002)

Numa área de praia, a brisa marítima é uma conseqüência da diferença no tempo de aquecimento do solo e da água, apesar de ambos estarem submetidos às mesmas condições de irradiação solar. No local (solo) que se aquece mais rapidamente, o ar fica mais quente e sobe, deixando uma área de baixa pressão, provocando o deslocamento do ar da superfície que está mais fria (mar). A chuva é determinada, em grande parte, pela topografia e pelo padrão dos grandes movimentos atmosféricos ou meteorológicos. O gráfico mostra a precipitação anual média (linhas verticais) em relação à altitude (curvas) em uma região em estudo.



À noite, ocorre um processo inverso ao que se verifica durante o dia



Como a água leva mais tempo para esquentar (de dia), mas também leva mais tempo para esfriar (à noite), o fenômeno noturno (brisa terrestre) pode ser explicado da seguinte maneira:

- a.) O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar.
- b.) O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia.
- c.) O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente.
- d.) O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental.
- e.) O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

### 7.3. (ENEM – 2001)

---

Para diminuir as perdas térmicas de uma geladeira, podem ser tomados alguns cuidados

- I. Distribuir os alimentos nas prateleiras deixando espaços vazios entre eles, para que ocorra a circulação do ar frio para baixo e do quente para cima.
- II. Manter as paredes do congelador com camada bem espessa de gelo, para que o aumento da massa de gelo aumente a troca de calor no congelador.
- III. Limpar o radiador ("grade" na parte de trás) periodicamente, para que a gordura e a poeira que nele se depositam não reduzam a transferência de calor para o ambiente.

Para uma geladeira tradicional é correto indicar, apenas,

- a.) a operação I.
- b.) a operação II.
- c.) as operações I e II.
- d.) as operações I e III.
- e.) as operações II e III.

### 7.4. (ENEM – 2001)

---

A padronização insuficiente e a ausência de controle na fabricação podem também resultar em perdas significativas de energia através das paredes da geladeira. Essas perdas, em função da espessura das paredes, para geladeiras e condições de uso típicas, são apresentadas na tabela.

<b>Espessura das paredes (cm)</b>	<b>Perda térmica mensal (kWh)</b>
2	65
4	35
6	25
10	15

Considerando uma família típica, com consumo médio mensal de 200 kWh, a perda térmica pelas paredes de uma geladeira com 4 cm de espessura, relativamente a outra de 10 cm, corresponde a uma porcentagem do consumo total de eletricidade da ordem de

- a.) 30%.

- b.) 20%.
- c.) 10%.
- d.) 5%.
- e.) 1%.

### 7.5. (ENEM – 2000)

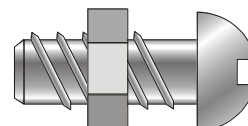
Ainda hoje, é muito comum as pessoas utilizarem vasilhames de barro (moringas ou potes de cerâmica não esmaltada) para conservar água a uma temperatura menor do que a do ambiente. Isso ocorre porque:

- a.) o barro isola a água do ambiente, mantendo-a sempre a uma temperatura menor que a dele, como se fosse isopor.
- b.) o barro tem poder de “gelar” a água pela sua composição química. Na reação, a água perde calor.
- c.) o barro é poroso, permitindo que a água passe através dele. Parte dessa água evapora, tomando calor da moringa e do restante da água, que são assim resfriadas.
- d.) o barro é poroso, permitindo que a água se deposite na parte de fora da moringa. A água de fora sempre está a uma temperatura maior que a de dentro.
- e.) a moringa é uma espécie de geladeira natural, liberando substâncias higroscópicas que diminuem naturalmente a temperatura da água.

### 7.6. (PUC – RJ)

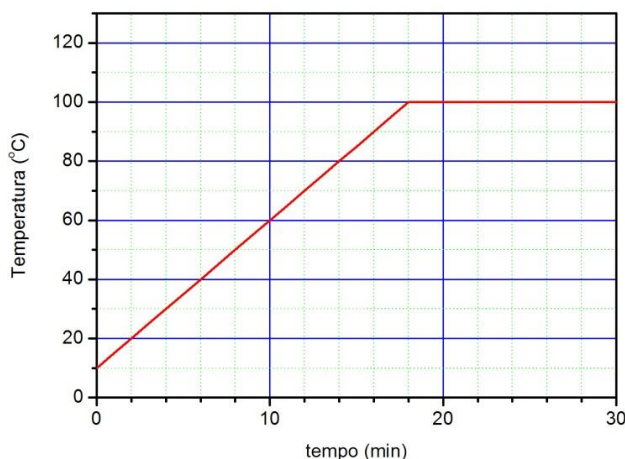
Uma porca está muito apertada no parafuso. O que você deve fazer para afrouxá-la?

- a.) É indiferente esfriar ou esquentar a porca
- b.) Esfriar a porca
- c.) Esquentar a porca
- d.) É indiferente esfriar ou esquentar o parafuso
- e.) Esquentar o parafuso



### 7.7.

Um bule com água fria é levado ao fogo de forma que a água recebe calor a uma taxa constante. A temperatura da água em função do tempo é representada na figura abaixo. De acordo com o gráfico, assinale a alternativa correta



- a.) após 14 min a energia absorvida é utilizada na mudança de fase
- b.) após 14 min a água não absorve mais energia
- c.) após 18 min a energia absorvida é utilizada na mudança de fase
- d.) após 18 min a água não absorve mais energia.

## 7.8.

---

### Como funciona a tecnologia frost-free?



Refrigeradores daqueles mais antigos são conhecidos, entre outros detalhes, por acumularem grandes camadas de gelo nas laterais do congelador. Isso não ocorre em uma **geladeira Frost Free**, em que não é necessário descongelar o congelador manualmente, e também há a vantagem que o espaço do freezer não fica reduzido pelo gelo. (...) Como a tecnologia Frost Free age no seu refrigerador? O gelo acumulado se forma quando o vapor de água no interior do congelador bate nas serpentinas geladas. Para que o gelo não se forme em grandes quantidades, as **geladeiras Frost**

**Free** possuem um temporizador, ou seja, uma resistência elétrica de aquecimento ou uma bomba de calor guiada por um sensor de temperatura. Em um refrigerador Frost Free, o equipamento que aquece a geladeira é acionado durante o período de derretimento do gelo, que será então transformado em água. Esta, por sua vez, é encaminhada por uma calha a um depósito localizado na parte de trás do refrigerador. O reservatório fica próximo a um compressor que esquenta muito, assim a água vira vapor e circula por todo o congelador através de ventoinhas.

Adaptado de < <http://www.zoom.com.br/geladeira/deumzoom/como-funciona-a-tecnologia-frost-free> >, Acesso em 02.05.2015

Após a leitura do texto, podemos perceber que há dois dispositivos essenciais no funcionamento do sistema frost-free: a resistência elétrica de aquecimento e o reservatório próximo ao compressor, nos quais se produzem, respectivamente, as mudanças de estado físico conhecidas como

- a.) condensação e liquefação
- b.) calefação e fusão
- c.) fusão e vaporização
- d.) sublimação e solidificação
- e.) vaporização e condensação

## 7.9.

---

Em muitas indústrias, cozinhas industriais e ginásios esportivos, tem sido comum a utilização dos chamados exaustores eólicos, que retiram o ar quente do interior de um ambiente sem qualquer acionamento artificial.



O interessante é que, ainda assim, esses exaustores giram. Qual seria uma possível explicação física para esse fato e que outra aplicação cotidiana é também explicada com base no mesmo processo de transferência de calor que justifica a rotação natural dos exaustores?

- a.) O vento externo ao exaustor é quem impulsiona o exaustor a girar. **Aplicação cotidiana:** correntes marítimas.
- b.) O ar quente externo ao exaustor passa para seu interior através das frestas, impulsionando-o a girar. **Aplicação cotidiana:** efeito estufa.
- c.) O ar quente proveniente do ambiente interno ao exaustor passa para o seu exterior através das frestas, impulsionando-o a girar. **Aplicação cotidiana:** brisas marítimas.
- d.) A propagação do calor por radiação solar da parte externa para a interna, impulsionando o exaustor a girar. **Aplicação cotidiana:** estufa para flores.
- e.) O fluxo de calor por condução térmica do ar quente interno para o ar frio externo. Esse fluxo de calor natural impulsiona o exaustor a girar. **Aplicação cotidiana:** garrafa térmica.

## 7.10.

---

### Selo PROCEL

**Selo indica eletrodomésticos que consomem menos energia**

*Por Fernanda Pereira, em 23.05.2012*



*“Grande parte dos consumidores já observou um selo colorido em alguns eletrodomésticos expostos na loja. Eles se chamam Procel e foram criados pelo Programa Nacional de Preservação da Energia Elétrica, da Eletrobras. Os adesivos têm o objetivo de indicar quais aparelhos realizam suas funções gastando menos energia, o que pode representar diminuição na conta de luz. Os fabricantes não são obrigados a aderir ao selo e,*



normalmente os que o fazem, querem provar a capacidade econômica de seus produtos. Para adquiri-lo, é preciso submeter o produto a ensaios específicos em laboratório indicado pelo órgão. Para economizar, recomenda-se observar as informações impressas na hora da compra, especialmente refrigeradores, responsáveis por grande parte dos gastos com energia elétrica nas residências. Os produtos são divididos em categorias de A a G. Os mais econômicos são classificados como nível A. Também é possível checar e prever quanta energia será consumida por aquele produto. A informação “consumo de energia” indica a quantidade de kWh por mês, baseada em testes realizados de acordo com o clima do país”.

Disponível em: < <http://extra.globo.com/noticias/economia/100-dias-de-economia/selo-indica-eletrrodomesticos-que-consomem-menos-energia-4981142.html#ixzz1wJjjHZFz> >, Acesso em 29.05.2012

A partir do texto anterior, vimos que o selo PROCEL é mais um recurso que auxilia o consumidor na escolha de um determinado produto, como um eletrodoméstico, por exemplo. Numa determinada compra, um consumidor se depara com a seguinte situação-problema: Qual geladeira comprar, categoria A, B ou C? Quais critérios são imprescindíveis nessa escolha? Considere que a geladeira categoria A é mais cara que a B, que, por sua vez, é mais cara que a C e que todas as três tenham sido testadas desempenhando a função de chegar até uma mesma temperatura mínima desejada.

- a.) Geladeira A, pois consome menos energia elétrica para realizar suas funções. O critério imprescindível é só o consumo de energia, não interessa saber se a geladeira será usada sempre ou não. Mesmo sendo a mais cara, a geladeira A é a que sempre deve ser escolhida, jamais a B ou C.
- b.) Geladeira A ou B, pois consomem menos energia elétrica para realizar as mesmas funções que a C, mas é preciso verificar se estão sob as mesmas condições de uso, ou seja, se vão ser utilizadas pelo mesmo período de tempo e se desempenham igualmente a função de refrigeração, ou seja, se chegam até a mesma temperatura mínima desejada.
- c.) Geladeira C, pois, apesar de consumir mais energia elétrica para desempenhar suas funções, é a mais barata das três e isso, em si, já é um ótimo critério na escolha por essa categoria de geladeira.
- d.) Qualquer uma das três, independente do tempo de uso diário, pois todas vão desempenhar suas funções de refrigeração como devem desempenhar, ou seja, todas três conseguirão chegar à mesma temperatura mínima desejada.
- e.) O selo PROCEL ajuda bastante na escolha, mas não fornece informações suficientes para a correta decisão por uma ou outra categoria.

## 7.11.

---

### **Brisas marítimas e terrestres**

*Junto à costa começa frequentemente a fazer-se sentir, no fim da manhã, um vento vindo do mar, que atinge o máximo no princípio da tarde e desaparece ao anoitecer. Este vento é mais forte nos dias quentes, mas pode ser mais fraco quando o céu está nublado. Chama-se brisa marítima. A causa fundamental do movimento do ar é a diferença de aquecimento entre as superfícies da terra e do mar quando sobre elas incide a radiação solar.*



Nas regiões costeiras, podem fazer-se sentir brisas, à noite. Estas brisas dirigem-se de terra para o mar, nas camadas inferiores, devido ao arrefecimento da superfície da terra com muito maior rapidez do que a partir do oceano adjacente, então gera-se uma brisa terrestre.

Adaptado de < [http://www.smg.gov.mo/www/dm/learnmet/p\\_ls breeze.htm](http://www.smg.gov.mo/www/dm/learnmet/p_ls breeze.htm) >, Acesso em 20.05.2014

Pelo texto, podemos notar como as diferenças de temperatura entre o mar e a terra, durante o dia e durante a noite, foram determinantes na ocorrência das brisas marítimas e das brisas terrestres. Em relação à interpretação desses processos naturais, podemos dizer que à noite

- a.) a água do mar, por ter alto calor específico, se aquece menos que a terra e isso faz com que o ar em contato com a terra receba calor do ar em contato com o mar, o que acaba por fazer soprar a brisa terrestre.
- b.) a terra, por ter alto calor específico, aquece o ar em contato com ela e o faz soprar em direção ao mar.
- c.) a terra, por ter baixo calor específico, se resfria mais rapidamente que a água. O ar em contato com a água do mar fica quente e sobe, “aspirando” o ar sobre a terra.
- d.) o mar fica mais frio que a terra e isto faz com que o ar quente próximo a ela se desloque em direção ao mar.
- e.) as trocas de calor por convecção entre o ar quente e o ar frio fazem o ar em contato com a terra ficar mais quente e soprar em direção ao mar.

## 8. O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

O automóvel é um símbolo do mundo atual. As modificações na sociedade desde o surgimento do automóvel, até sua popularização foram tremendas. Estima-se que em 2001 existiam no Brasil cerca de 20 milhões de automóveis<sup>6</sup> para aproximadamente 170 milhões de habitantes<sup>7</sup>.

O motor de combustão interna é o principal invento que tornou o transporte através de automóveis possível. Apesar de o primeiro automóvel ter sido construído por Karl Benz, em 1885, a forma de funcionamento do motor mudou muito pouco. Novamente, apesar de a maior parte das pessoas confiar que ao ligar a chave de ignição o motor vai funcionar e o carro vai começar a se mover, muito não entendem o mecanismo científico por trás dessa maravilha da tecnologia. A base física do funcionamento do motor é utilizar calor para produzir trabalho mecânico.

### 8.1. Automóveis e a Sociedade

Os motores de combustão interna são principalmente utilizados em carros, caminhões e trens.

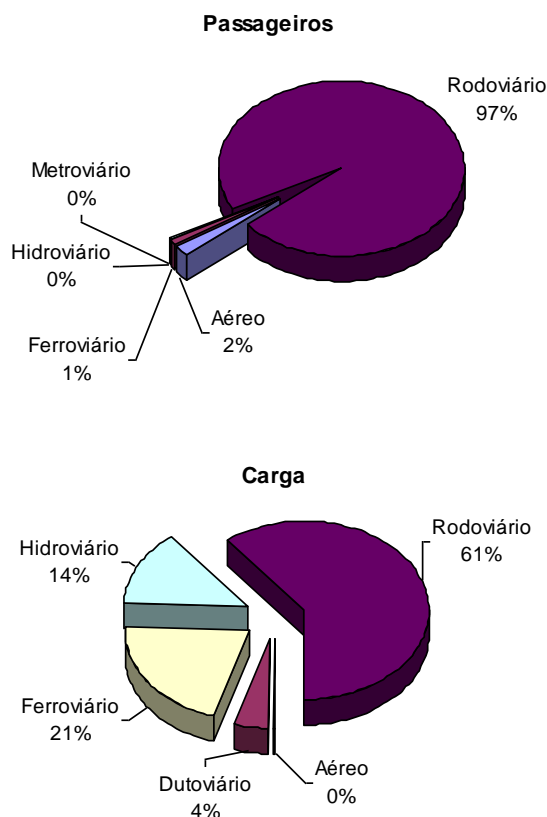
Desde de sua invenção a pouco mais de 100 anos, o carro se desenvolveu para se tornar parte do equipamento normal para o modo de vida moderna – se tornou um objeto corriqueiro consumido rotineiramente e muito freqüentemente de uso diário.

Nos últimos cinquenta anos o automóvel facilitou e encorajou a criação de uma cultura de massa, crescentemente organizada em torno de uma mobilidade física, com conseqüências sociais enormes. O grau de mobilidade que hoje em dia é garantido no mundo desenvolvido nunca aconteceu na história da humanidade. Juntamente com outras tecnologias como a televisão, o computador, o telefone celular, a lâmpada, o automóvel transformou a cultura da humanidade.

Ao contrário de outras tecnologias, a influência dos transportes terrestres, principalmente dos carros particulares, na sociedade tem sido pouco estudada pelos sociólogos.<sup>8</sup>

No Brasil, o transporte rodoviário é o principal meio de transporte de passageiros e de cargas, correspondendo a cerca de 97% e 61% dos transportes, respectivamente<sup>1</sup>. A frota brasileira de veículos automotores, incluído tratores e caminhões, cresceu de 13 milhões em 1991 para 20 milhões em 2001, correspondendo a um aumento de 52%.

Juntamente com as comodidades do transporte terrestre, e a propagação do “carro próprio” como meio de transporte diário, surgem vários problemas. Os motores de



<sup>6</sup> De acordo com anuário da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea) – Brasil, [www.anfavea.com.br](http://www.anfavea.com.br), consulta em 15/06/2003.

<sup>7</sup> Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) – 2001, [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), consulta em 15/06/2003.

<sup>8</sup> Veja, por exemplo, Dant, T. e Martin, P. J., em *by car: Carrying Modern Society*,

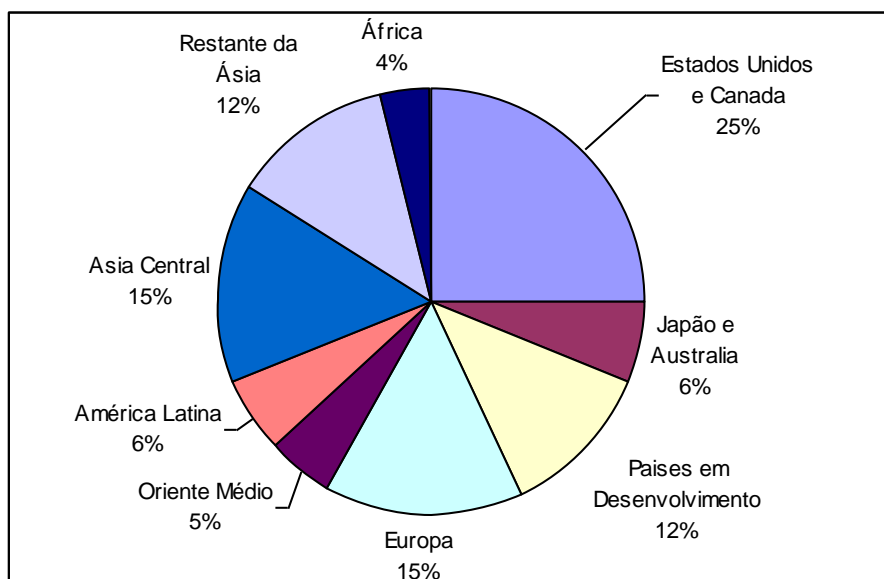
combustão produzem poluentes e trazem outros problemas sociais, como excesso de ruído nas cidades grandes.

Apesar de equipados com catalisadores e filtros, os veículos movidos a motores de combustão interna emitem na atmosfera o gás tóxico monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), entre outros gases e partículas poluentes.

As emissões desses gases levam à má qualidade do ar nas grandes cidades, como também contribuem significativamente para mudanças climáticas no nosso planeta, principalmente através do efeito estufa.

As evidências de mudanças climáticas no planeta levaram as Nações Unidas assinarem no rio de Janeiro em 1992 a Convenção Básica das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, ratificada por mais de 150 países. O objetivo dessa Convenção era "...a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático..."<sup>9</sup>.

Em 1997, mais de 160 países se reuniram em Kyoto no Japão, para negociar limites na produção de gases estufa. Resultou dessa reunião o Protocolo de Kyoto<sup>10</sup> que estabeleceu metas de emissão de gases estufa relativas às emissões em 1990. Até 20 de março de 2003, 124 países tinham ratificado o Protocolo de Kyoto, entretanto os Estados Unidos da América, quem em 1999 era responsável sozinho por pouco menos que 25% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>,<sup>11</sup> retirou-se do protocolo de Kyoto em março de 2001, no governo do Presidente George W. Bush.



Fonte: Adaptado da ref. 11

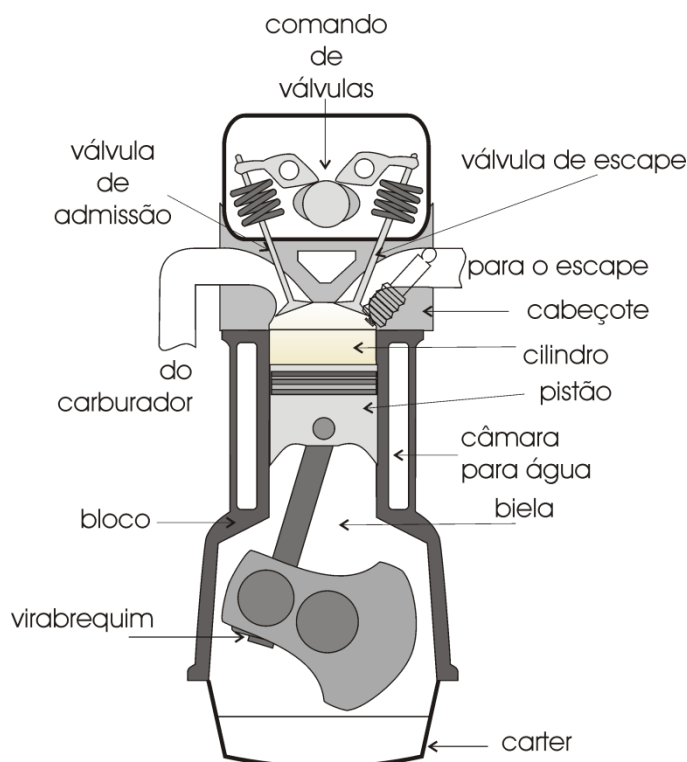
<sup>9</sup> Texto da Convenção traduzido pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, disponível em [www.mct.gov.br/clima/convencao/texto.htm](http://www.mct.gov.br/clima/convencao/texto.htm), em 02 de junho de 2003.

<sup>10</sup> O texto do protocolo, traduzido pelo MCT, está disponível em [www.mct.gov.br/clima/quioto/pdf/protocol.pdf](http://www.mct.gov.br/clima/quioto/pdf/protocol.pdf).

<sup>11</sup> Bolin B, Kheshgi HS, On strategies for reducing greenhouse gas emissions, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 98 (9): 4850-4854, 2001

## 8.2. As partes de um motor de combustão interna

A figura a seguir mostra um diagrama esquemático de um motor de combustão interna de quatro tempos, os mais comuns nos automóveis de passeio. Esse tipo de motor foi inventado, no ano de 1876, por Nikolaus Otto, nascido em Holzhausen, na Alemanha<sup>12</sup>.



**Figura 20: Motor de combustão interna de quatro tempos**

O *carburador* (não está mostrado na figura) é o componente do motor onde ocorre a mistura de ar e combustível que será queimada por explosão para movimentar o motor.

Essa queima ocorre no *cilindro*, localizado no centro do motor. É dentro do cilindro também que o *pistão* se move para cima e para baixo. O pistão possui anéis que vedam o espaço entre o pistão e o cilindro, para prevenir o vazamento da mistura de ar e combustível, ou do gás produto da explosão para dentro do *bloco do motor*.

Esse movimento para cima e para baixo do pistão faz girar, por intermédio de uma haste chamada *biela*, um eixo conhecido como *virabrequim*. Em uma das extremidades desse eixo existe um disco (não mostrado na figura) chamado *volante*, cuja principal função é amortecer os impactos da explosão.

O virabrequim é o componente que transforma o movimento alternado para cima e para baixo do pistão em movimento rotativo. O virabrequim está alojado no *bloco do motor*, a parte mais volumétrica do motor. Esse bloco contém também câmaras para armazenamento do fluido de refrigeração (normalmente água), que absorve o calor produzido pelo atrito durante o movimento do pistão.

Na parte superior do motor, mostrado na figura 20, encontra-se o *cabeçote*, onde estão alojadas as válvulas de admissão e de escape, bem como o comando de válvulas. Essas válvulas permitem a entrada de mistura ar e combustível, e também a saída do gás produto da combustão. O comando de válvulas está ligado ao virabrequim por

<sup>12</sup> Enciclopédia Britânica Concisa, <http://concise.britannica.com/ebc/article?eu=399555>, visitada em 02 de junho de 2003.

intermédio de engrenagem ou correia dentada (não mostrados na figura), dependendo da construção do motor, para sincronizar o movimento do pistão com a entrada de combustível ou saída de gás.

### 8.3. Entendendo o funcionamento do motor

Também chamado de máquina motriz, motor é o mecanismo que transforma qualquer tipo de energia em trabalho mecânico. Existem vários tipos de motores. Por exemplo, as turbinas nas usinas hidrelétricas são acionadas pela energia potencial da água. Os motores elétricos transformam, utilizando o fenômeno conhecido como *lei de Faraday*, energia elétrica em trabalho mecânico. Esse tipo de motor é muito importante no mundo tecnológico, incluindo desde os pequenos motores que movem os ventiladores, liquidificadores, até grandes motores industriais.

Os *motores térmicos* usam energia térmica, ou *calor*, como fonte de energia. Esse calor, por sua vez, pode ser obtido de várias formas, mas normalmente sua fonte mais comum de energia vem do processo de combustão, onde energia química proveniente das ligações elétricas entre átomos e moléculas que constituem o combustível é transformada em energia térmica através de uma reação com oxigênio<sup>13</sup>.

A maior parte dos motores térmicos em operação hoje em dia é do tipo conhecido como *motor de combustão interna*, onde a reação de combustão ocorre *dentro do próprio motor*. Vamos aqui detalhar o funcionamento desse tipo de motor, também conhecido como *motor de explosão*.

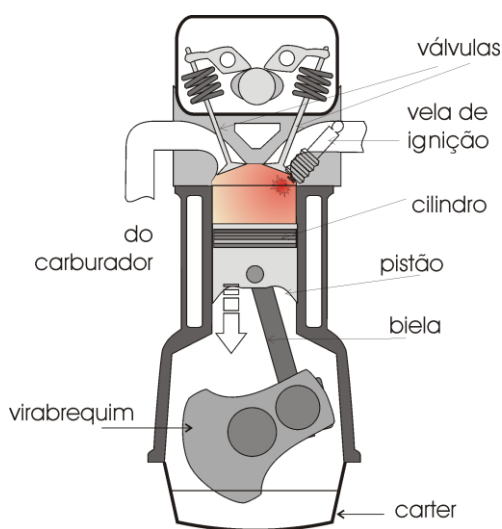
### 8.4. O motor de quatro tempos

O motor de combustão interna utiliza a combustão de uma mistura de combustível com ar. Essa mistura de combustível e ar é produzida por uma peça importante do motor – o carburador. No carburador, o ar que passa pelo filtro de ar é direcionado a passar por uma passagem estreita sendo acelerado, formando um jato de ar. À medida que essa passagem se abre novamente cria-se um vácuo que direciona o combustível para o jato de ar criando-se a mistura desejada.

O tamanho do jato de ar pode ser regulado de forma a permitir uma quantidade bem controlada de combustível na mistura. Nos carros mais modernos, essa tarefa é realizada pela injeção eletrônica, que controla a quantidade de combustível na mistura mais exatamente, sendo, portanto, mais preciso.

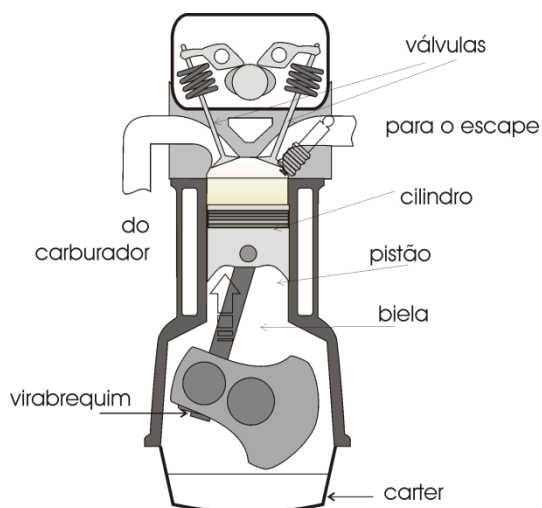
A mistura de ar e combustível entra no cilindro do motor através da *válvula de admissão*. Para isso acontecer é preciso criar uma diferença de pressão. A diminuição da pressão no cilindro se dá no primeiro movimento do *pistão*. Esse é o primeiro “tempo” do motor de quatro tempos. Essa situação é ilustrada na figura 21 ao lado.

Seguindo esse movimento, o pistão agora é empurrado para cima, ao mesmo tempo em que as válvulas de admissão e escape se fecham, como resultado a pressão, e,



**Figura 21: Primeiro tempo do motor.** O pistão é puxado para baixo, criando uma pressão no interior do cilindro que é menor que na entrada do lado do carburador. Essa pressão menor vai causar que a mistura de ar e combustível entre no cilindro.

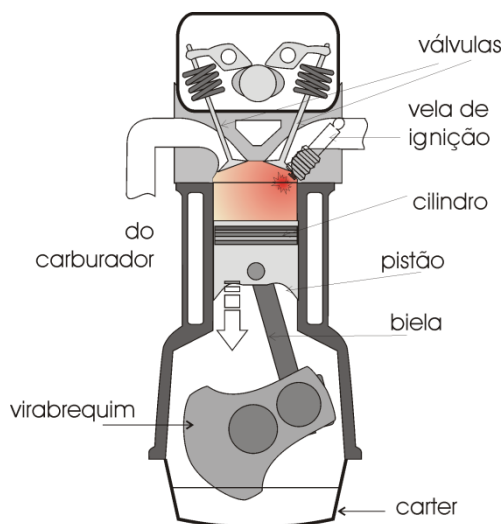
<sup>13</sup> Ver Energia e Movimento, pág. 23.



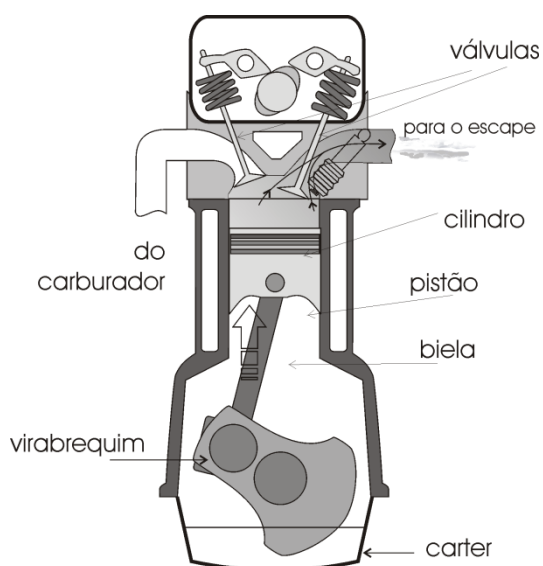
portanto, a temperatura da mistura de ar e combustível aumenta. Esse movimento corresponde ao o segundo “tempo” do motor, e está representado na figura 22 a seguir.

**Figura 22: Segundo tempo do motor.** O pistão é empurrado para cima enquanto as válvulas são mantidas fechadas. A pressão e a temperatura da mistura de ar e combustível aumentam.

No final desse movimento, uma faísca originada da vela de ignição provoca uma reação em cadeia, ou uma explosão. O gás resultante da explosão terá uma temperatura muito elevada. Há, portanto, um aumento repentino de pressão que empurra o pistão para baixo. Esse é o corresponde ao terceiro “tempo” do motor. Durante o movimento do pistão a temperatura do gás resultante da explosão esfria e a pressão diminui.



**Figura 23: Terceiro tempo do motor.** Uma explosão causada por uma faísca eleva a temperatura do gás resultante. O aumento repentino de temperatura e pressão empurra o pistão para baixo.



No último movimento do pistão, ele é empurrado para cima pelo motor. O gás resultado da explosão, agora mais frio devido à expansão anterior, é expelido através da válvula de escape para o escapamento.

A partir do final desse “tempo” do motor, o movimento se repete em *ciclos*. Os motores trabalham com vários cilindros, por exemplo, os motores quatro cilindros e seis cilindros. Os ciclos de cada um desses cilindros acontecem de forma sincronizada, de forma a otimizar a potência do motor. O volume de cada cilindro, e o tamanho do curso do pistão também são importantes em determinar a potência do motor, quando se diz que um motor é 1.8, quer dizer que a soma do volume criado pelos pistões é de 1800 cm<sup>3</sup>.

**Figura 24: Quarto tempo do motor.** O gás resultante da explosão agora é expelido do cilindro pelo pistão, através da válvula de escape para o escapamento.

## 8.5. O motor a diesel

O princípio de combustão do motor a diesel é o mesmo do motor a gasolina. Nesse caso, entretanto, o motor não dispõe de carburador ou vela de ignição nas fases de admissão e explosão. Ar puro é introduzido no cilindro na fase de admissão. Esse ar é comprimido pelo pistão a uma pressão de cerca de 350 atm, tornando-se muito quente. O óleo diesel é então pulverizado no cilindro e a combustão se dá espontaneamente causando a explosão que move o pistão para baixo, movimentando o motor. Na quarta fase, o gás resultado da combustão é expelido para o escapamento.

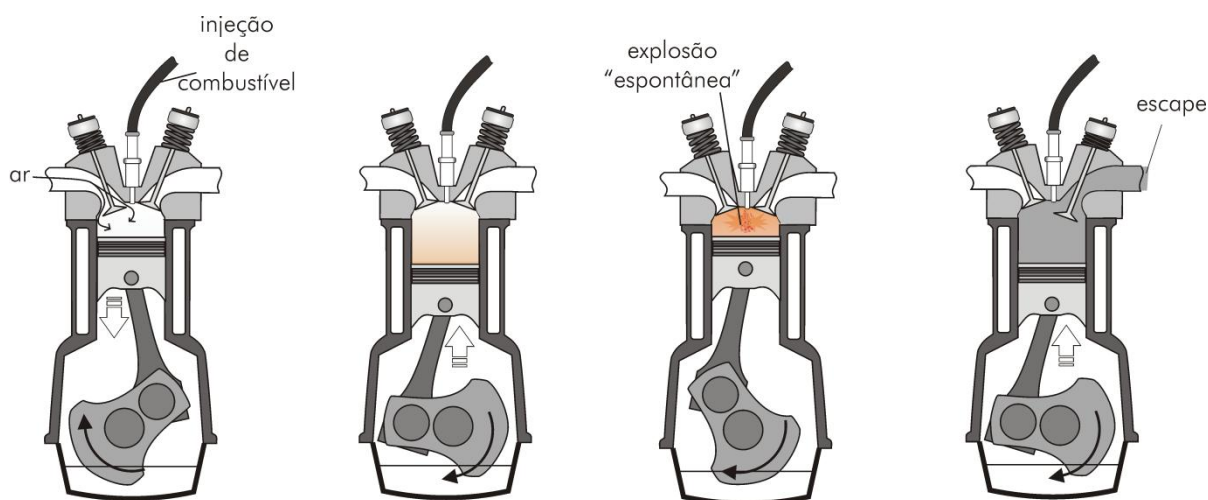


Figura 25: No **motor a diesel**, o cilindro recebe ar puro. À medida que o pistão exerce trabalho sobre o ar, ele se torna extremamente quente. No início da fase de potência do motor, o combustível é pulverizado no cilindro, provocando a ignição espontaneamente. O gás resultante da combustão realiza trabalho sobre o pistão e sobre o motor durante essa fase de potência.

## 9. O MOTOR DE COMBUSTÃO E A CIÊNCIA

### 9.1. Entropia

Estudamos, no capítulo 4 (seção 4.2), que a segunda lei da termodinâmica, a simples observação de que *o calor nunca flui, espontaneamente, de um objeto frio para um objeto quente*, pode ser entendida a partir do conceito de *desordem*. Uma vez definido o conceito de *entropia*, quantidade física que representa formalmente a desordem de forma quantitativa, a segunda lei da termodinâmica pode ser escrita como *a entropia em um sistema isolado sempre aumenta*.

Isso significa que energia térmica *não pode* ser convertida em trabalho em um sistema isolado<sup>14</sup>. Imagine a seguinte situação: os elétrons livres em um metal que possuem energia térmica estão se movendo aleatoriamente de maneira desorganizada (figura 26A), “decidem”, *sem nenhum motivo* (se considerarmos que nenhuma outra energia é adicionada ao sistema), todos se moverem aproximadamente na mesma direção (figura 26B). Esse comportamento levaria ao surgimento de uma corrente elétrica, que então poderia ser utilizada para girar um motor elétrico e realizar trabalho. Nessa situação imaginária, energia térmica (desordenada) seria convertida em energia elétrica (organizada) *sem nenhuma*

<sup>14</sup> Lembre-se que por sistema isolado entendemos um sistema que não troca energia ou partículas com sua vizinhança.



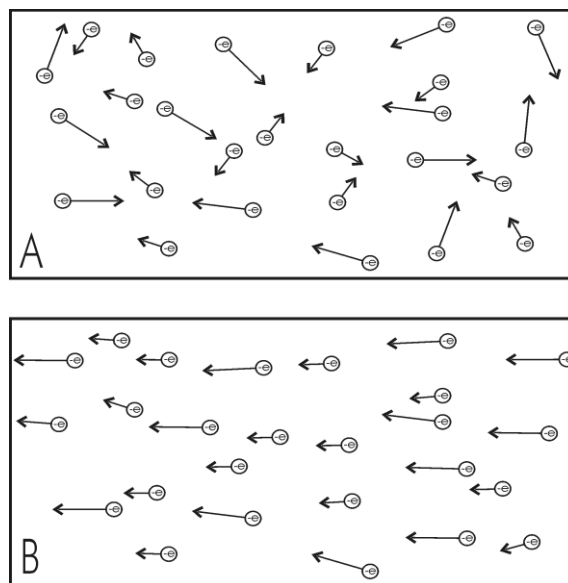
*influência externa*, ou seja, calor seria convertido em trabalho em um sistema isolado. Essa situação imaginária é tão improvável que dizemos que é *impossível*, e essa afirmação corresponde à *segunda lei da termodinâmica*.

Desse ponto de vista o funcionamento de um motor de combustão parece ainda mais intrigante. O motor de combustão parece converter calor, energia desorganizada, em movimento organizado do automóvel. Do ponto de vista científico ficamos com mais dúvidas: como será possível converter calor em trabalho mecânico? Ou seja, como será que conseguimos no motor de combustão interna converter energia de movimento desordenado em energia de movimento ordenado? Parece que a segunda lei da termodinâmica deixou de ter sentido, mas essa lei parecia tão simples! *Quando colocamos um objeto quente em contato térmico com outro frio, o frio esquenta e o quente esfria até que ambos atinjam o equilíbrio térmico.*

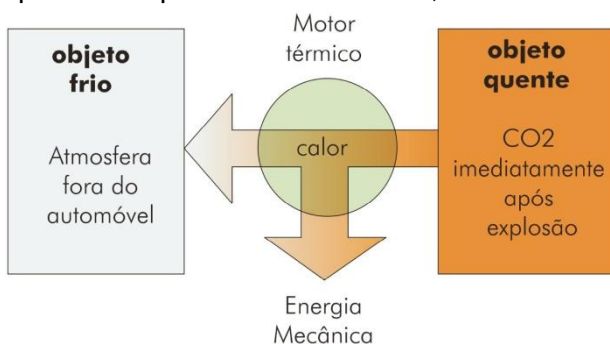
Repita o experimento 5 do capítulo 4 (seção 4.5). Podemos considerar nosso cata-vento como uma turbina movida a *calor* (de fato toda turbina de vento pode se vista desta forma). A corrente de ar quente que deixa a região próxima ao queimador do fogão em direção à região mais fria (menor pressão), fazendo com que a turbina se mova. Novamente o calor (nesse caso fornecido pela chama do queimador) foi convertido em trabalho mecânico (energia mecânica de rotação nesse caso).

Vimos que o calor fluir de um objeto quente para um objeto frio não viola a segunda lei da termodinâmica (essa é, de fato, uma das formas de enunciá-la). Se considerarmos o objeto quente mais o frio como nosso sistema isolado, podemos interpretar que isso ocorre porque o calor normalmente causa mais desordem na parte fria do sistema do que deixa ordem na parte quente, de forma que fluindo da parte quente para a parte fria a entropia total do sistema de fato aumenta. A segunda lei da termodinâmica continua válida se o calor produzir trabalho mecânico ao fluir de um objeto quente para outro frio, *desde que a quantidade de energia térmica transferida para a parte fria do sistema cause mais desordem do que deixou ordem na parte quente (de forma que a entropia total do sistema aumente).*

Resumindo, para poder obter trabalho mecânico, ou energia organizada, a partir de energia térmica, ou calor, o sistema precisa ter uma parte quente e outra fria. Assim, quando o calor estiver sendo transferido da parte quente para a fria, durante esse processo, poderemos extrair um pouco de energia organizada do sistema, ou seja, podemos produzir trabalho mecânico através de calor. Quanto maior a diferença de temperatura entre a parte quente e a parte fria do sistema, mais calor será transferido da primeira para a segunda, e,



**Figura 26:** Situação imaginária em que elétrons com energia térmica desordenada (A) se organizam espontaneamente gerando uma corrente elétrica (B) com a qual poderíamos acionar um motor e realizar trabalho.



portanto, maior a quantidade de energia que podemos produzir durante o processo de transferência de calor.

**Figura 27:** O motor de combustão interna funciona como uma máquina térmica onde parte do calor transferido de um objeto quente para outro objeto frio é transformado em energia mecânica (trabalho).

Ora, mais desse ponto de vista, qual é a parte quente e a parte fria do motor de combustão interna? A parte quente do sistema é o gás quente resultante da explosão que ocorre no pistão, e a parte fria do sistema é o ar no exterior do automóvel. É durante o processo de transferência de calor do gás para o ar exterior, ou seja, durante o processo de resfriamento do gás, que utilizamos parte do calor para mover o automóvel. Quanto mais quente o gás, e quanto mais frio o ar no exterior, maior a quantidade de energia que podemos extrair do motor.

Note que, para aquecer o gás, no interior do pistão utilizamos energia química do combustível liberada na explosão causada pela faísca da vela de ignição.

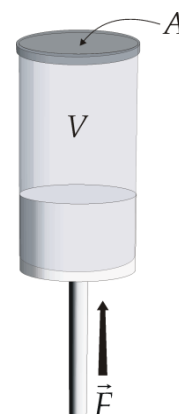
## 9.2. Pressão e trabalho mecânico

No estudo da hidrostática, foi definido o conceito de pressão como a força aplicada por unidade de área de atuação da força, ou seja:

$$p = \frac{F}{A}$$

onde  $F$  é o módulo da força aplicada,  $A$  é a área onde atua a força e  $p$  é a pressão resultante.

Vimos também que a variação da pressão em um fluido contido em um recipiente fechado é transferida integralmente a todos os pontos do fluido. No sistema representado na figura ao lado,  $F$  é o módulo da força aplicada ao pistão,  $A$  é a área da secção transversal do pistão e  $V$  representa o volume do recipiente fechado.



Estamos agora interessados em estabelecer uma relação entre o trabalho mecânico necessário para mover o pistão, a área  $A$  e o volume  $V$  do recipiente que encerra o fluido. Podemos identificar o fluido com a mistura ar-combustível vinda do carburador, ou com o gás  $\text{CO}_2$  resultado da combustão.

O trabalho, denotado aqui por  $\tau$ , realizado pelo agente que realiza a força é dado pelo produto força aplicada pelo deslocamento produzido na direção dessa força. Então temos:

$$\tau = F \cdot d$$

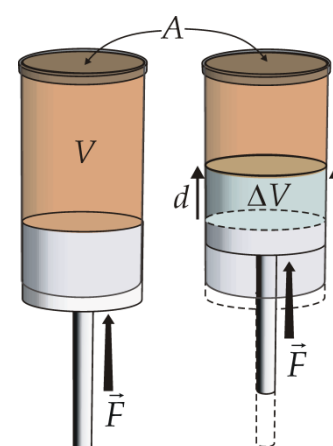
Mas, usando a definição de pressão temos que  $F = P \cdot A$ , substituindo:

$$\tau = P \cdot A \cdot d$$

ou, identificando  $A \cdot d = \Delta V$ , temos

$$\tau = P \cdot \Delta V$$

Portanto, sempre que houver uma variação no volume de um fluido a certa pressão, pode-se calcular o trabalho realizado. No caso do motor de combustão interna, em cada parte no ciclo de um dado pistão, ou seja, em todos os “tempos” do motor, ocorrem variações de volume em regimes de pressão diferenciadas. Na primeira parte do ciclo, é preciso criar uma diferença de pressão negativa (a pressão interna do cilindro menor que a pressão externa) de forma que a mistura ar-combustível entre no cilindro. Para isso é necessário que o virabrequim realize trabalho para movimentar o pistão. Se  $p_1$  representa a pressão da mistura ao entrar no



**Figura 28: Cilindro contendo um gás sobre o qual o pistão está realizando trabalho mecânico.**

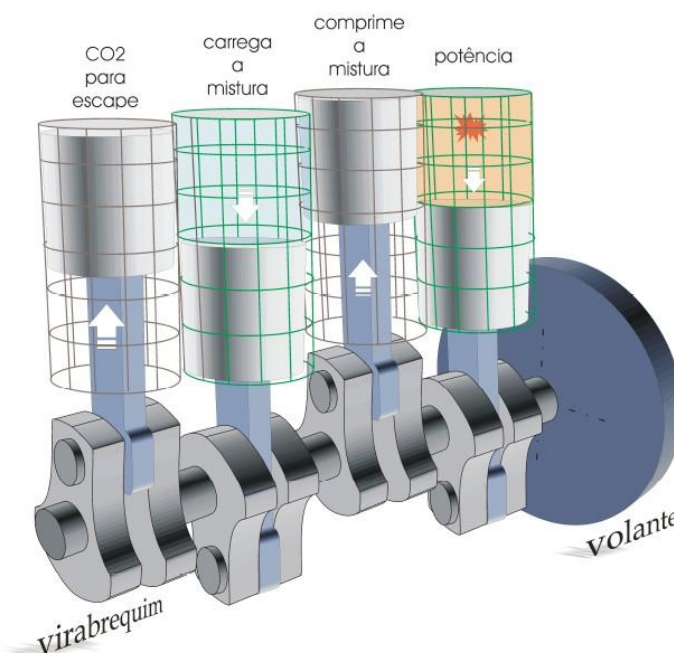
cilindro, e  $\Delta V$  a variação do volume do gás no cilindro durante o curso do pistão para baixo, o trabalho realizado *pele virabrequim* será dado<sup>15</sup> por  $\tau_1 = p_1 \cdot \Delta V$ .

Na segunda parte do ciclo, ou seja, no segundo “tempo”, a mistura de ar e combustível é comprimida pelo pistão. Nesse processo, podemos afirmar que a pressão da mistura aumenta, provavelmente a temperatura aumenta, e o volume diminui. O aumento de temperatura é muito pequeno, uma vez que esse processo ocorre tão rapidamente que não há tempo suficiente para a temperatura aumentar. Esses processos tão rápidos que não há tempo para troca de calor são conhecidos como *processos adiabáticos*. Para comprimir a

mistura novamente o virabrequim precisa realizar trabalho, utilizando para isso energia mecânica do motor. Como a pressão muda continuamente ao longo do processo de compressão da mistura, torna-se um pouco complicado calcular o trabalho, pois não saberíamos “qual” pressão utilizar. Esse trabalho é, entretanto, mais ou menos da mesma ordem de grandeza<sup>16</sup>, assim  $\tau_2 \approx \tau_1$ .

Na terceira parte do ciclo, o gás explode, sua temperatura e pressão aumentam significativamente, e o gás resultante da explosão empurra o cilindro para baixo. Nesse caso o gás realiza trabalho no pistão. Como a temperatura do gás sobre muito na explosão, a pressão também é muito alta, e o trabalho realizado sobre o pistão é muito maior que  $\tau_1$ , e assim,  $\tau_3 \gg \tau_1$ . No quarto ciclo a válvula de escape se abre e o pistão precisa empurrar o gás para a atmosfera. A pressão é

bem baixa e o trabalho realizado, e, portanto, a energia gasta, é bem pequeno, novamente  $\tau_4 \approx \tau_1$ . Note que nos quatro tempos do motor, em três deles é preciso que o motor realize trabalho sobre a mistura ar-combustível ou sobre o  $\text{CO}_2$  resultante da explosão, gastando energia mecânica para isso. Somente no terceiro tempo, que chamaremos *potência*, o gás realiza trabalho sobre o pistão, fornecendo energia mecânica ao motor. Como a temperatura do gás imediatamente após a explosão é muito alta, a quantidade de energia fornecida nessa parte do ciclo do motor é muito maior do que aquela gasta nos outros três ciclos. Essa energia fornecida pelo gás  $\text{CO}_2$  é originária da energia química armazenada no combustível<sup>17</sup>.



**Figura 29:** Muitos motores de combustão internos têm quatro cilindros, com seus ciclos ajustados de forma que, a todo o momento, um dos cilindros está no ciclo de potência. Parte da energia fornecida por esse cilindro é utilizada nos outros três para mover os seus pistões através dos “tempos” que necessitam energia.

<sup>15</sup> Aqui utilizamos uma aproximação que a pressão do gás é constante durante o processo expansão ao entrar no volume do cilindro.

<sup>16</sup> Nesse caso, para calcular o trabalho é preciso ajuda do cálculo integral. Pode-se mostrar que, como o processo é adiabático, o trabalho aqui é  $p_1 V_1 \ln \frac{V_1}{V_2}$ , onde  $V_1$  e  $V_2$  são os volumes do cilindro expandido e comprimido respectivamente.

<sup>17</sup> Ver, Energia e Movimento, págs. 23 e 45.

## 10. CUIDADOS PARA UM BOM RENDIMENTO DO MOTOR

---

O movimento dos pistões dentro dos cilindros causa um aumento de temperatura do motor por atrito. Por isso todo motor tem um sistema de refrigeração, normalmente utilizando água. O radiador é parte desse sistema, a água é feita circular nas câmaras no bloco do motor, e o calor absorvido nessas câmaras é transferido para o ar no radiador.

O bom funcionamento do radiador é essencial para a preservação do motor. Vazamentos na tampa, mangueiras, na bomba de água, podem provocar superaquecimentos danificando as paredes dos cilindros e o cabeçote.

O óleo do motor, que se encontra no Carter, é distribuído para os pistões e tem como função facilitar seu movimento. Esse óleo deve estar sempre limpo, por isso passa por um filtro. Com o tempo o óleo perde a sua viscosidade e impurezas podem causar desgaste dos pistões e danos nas paredes internas dos cilindros. A troca do óleo do motor, e do filtro deve obedecer às recomendações do fabricante do motor.

O combustível que é injetado no cilindro também passa antes por um filtro, para retirar impurezas. Esse filtro deve ser trocado periodicamente evitando danos no carburador, ou no sistema de injeção eletrônica, e nas válvulas de admissão do cabeçote. Deve-se tomar cuidado com combustível adulterado nos postos de gasolina.

O ar que é injetado no cilindro também deve passar pelo filtro de ar. Qualquer poeira pode provocar o desgaste dos anéis dos pistões, levando a vazamentos que diminuem a pressão da mistura ar combustível ou do gás resultante da combustão, diminuindo a eficiência do motor.

Nos motores a diesel, essas recomendações devem ser observadas com maior rigor. Alguns sinais são fáceis de se perceber:

Sinais	Causas possíveis
Manchas de óleo no chão onde o automóvel fica normalmente estacionado.	Vazamentos nas juntas ou vedadores do motor.
Fumaça cinza saindo do escapamento	Excesso de combustível na fase de admissão
Consumo elevado de combustível	Vazamentos ou excesso de combustível na admissão.
Ruídos estranhos durante a aceleração	Desgastes internos, partes soltas, deficiência de lubrificação.

## 11. SUGESTÕES PARA PESQUISA

---

O automóvel traz em si, além do motor discutido nesse capítulo, existem várias outras partes essenciais para o seu desempenho. O sistema de transmissão e o sistema de direção são apenas duas dessas partes essenciais. O primeiro é responsável pela transferência do movimento do motor para as rodas do automóvel levando ao seu movimento, e o segundo pela mudança de direção do automóvel através do movimento do volante pelo motorista.

Cada uma dessas partes traz, em seu funcionamento, um conjunto de conhecimentos científicos e tecnológicos fascinantes. Nesse livro, entretanto, nos limitamos ao funcionamento do motor, e deixamos como sugestão para possíveis atividades de pesquisa o entendimento do funcionamento de outras partes importantes do automóvel.

## 12. RECOMENDAÇÕES PARA LEITURA

Existem muitos livros, didáticos e paradidáticos, interessantes para se conhecer mais sobre as máquinas térmicas, sobre o motor a combustão e sobre a dinâmica atmosférica. Sugerimos os seguintes:



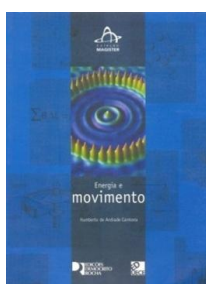
### **A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**

Autor: Sérgio Quadros. Editora: Scipione.



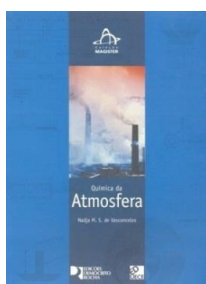
### **O automóvel na visão da Física**

Autores: Regina Pinto de Carvalho e Juan Carlos Horta Gutiérrez. Editora: Autêntica.



### **Energia e movimento**

Autor: Humberto de Andrade Carmona. Editora: EdUECE.



### **Química da atmosfera**

Autora: Nadja M. S. de Vasconcelos. Editora: EdUECE.

## 13. SUGESTÕES DE VÍDEOS

---

Existem, na *internet*, inúmeros vídeos interessantes sobre os temas de motor a combustão, máquinas térmicas, dentre outros. Utilize-os como ferramentas auxiliares na aprendizagem de Termodinâmica. É só clicar no próprio *link*:

- **Como funciona o motor de um carro:**

<https://www.youtube.com/watch?v=U1XuiJE0Dw&t=213s>



QR-Code: Aponte a câmera do seu celular para este código para acessar o *link*.

- **A História dos motores:**

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



- **Ciclo termodinâmico de Stirling**

<https://www.youtube.com/watch?v=egNrHP6pMUo>



- **Animação sobre o ciclo termodinâmico de Carnot**

<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>



## 14. ATIVIDADES INTEGRADORAS

---

### 14.1. Química

Uma sugestão de atividade interdisciplinar é que o professor de Física se integre ao de Química para apresentar aos alunos, com mais detalhes, as reações químicas que ocorrem no motor a combustão e discorrer sobre a toxicidade dos subprodutos.

### 14.2. Biologia – O Efeito Estufa

Normalmente relacionamos o termo *efeito estufa* com algo ruim para o nosso planeta. Na verdade é o contrário, sem o efeito estufa não existiríamos. O efeito estufa é o que sustenta a temperatura do nosso planeta acima de zero graus centígrados.

O planeta Terra se aquece porque recebe calor do Sol por irradiação, sem a luz do Sol o planeta se congelaria. É claro que se esse calor fosse totalmente absorvido a temperatura do planeta cresceria indefinidamente. Isso não acontece porque parte da energia térmica absorvida do Sol é devolvida para o espaço, também por irradiação. Sim, nosso planeta emite luz de volta para o espaço, parte da luz visível é refletida, e parte da luz recebida é irradiada como luz infravermelha. Note que ao longo do tempo a energia recebida do Sol deve ser devolvida para o espaço, senão a Terra se aqueceria.

Assim, a energia solar chega a na forma de luz, boa quantidade dessa luz é refletida na parte superior da atmosfera, outra passa diretamente aquecendo a superfície do planeta, então é irradiada de volta para o espaço na forma de luz infravermelha. O nosso planeta seria ainda muito frio se parte dessa energia irradiada para o espaço não fosse “atrasada” –

se toda energia que chega saísse imediatamente continuaríamos frios. Felizmente, boa parte da energia emitida pela superfície na forma de luz infravermelha é absorvida na atmosfera por gases como vapor de água, dióxido de carbono, alguns óxidos de nitrogênio e outros gases que ocorrem naturalmente. Esse é o conhecido efeito estufa, sem ele a Terra seria muito fria, e os gases que absorvem parte da luz infravermelha são conhecidos como *gases estufa*.

É nesse processo de absorção de energia dos gases estufa que se dão as formações de nuvens, chuvas, correntes de ar e outros fenômenos meteorológicos que definem o clima de nosso planeta. A vida no planeta Terra depende desse equilíbrio entre a energia absorvida proveniente do Sol, a energia emitida de volta para o espaço e a capacidade de reter, através do efeito estufa, parte dessa energia por tempo suficiente para aquecer nosso planeta. Esse equilíbrio depende da quantidade desses gases invisíveis para a luz visível, mas semiopacos para a luz infravermelha.

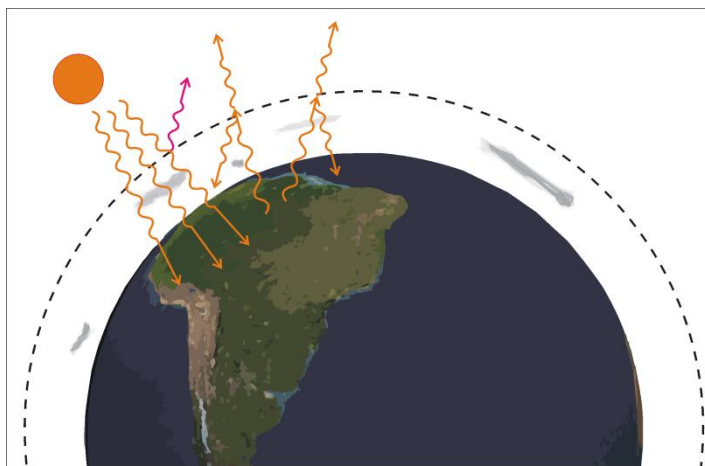


Figura 30: Esquema de formação do Efeito Estufa.

O aumento da quantidade de gases estufa na atmosfera aumenta também a sua habilidade de absorver luz infravermelha, e, portanto, modifica o balanço delicado na quantidade de energia que entra e que sai do planeta. Esse distúrbio provoca também distúrbios climáticos, já que os fenômenos meteorológicos são resultados desse balanço energético.

## 15. CONSTRUINDO A APRENDIZAGEM

Esta seção destina-se aos exercícios para ajudar na aplicação dos assuntos estudados até aqui. São questões extraídas de várias fontes: de vestibulares, do ENEM e algumas foram elaboradas pelos autores deste livro.

### 15.1. (ENEM – 2002)

O Protocolo de Kyoto - uma convenção das Nações Unidas que é marco sobre mudanças climáticas - estabelece que os países mais industrializados devem reduzir até 2012 a emissão dos gases causadores do efeito estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990. Essa meta estabelece valores superiores ao exigido para países em desenvolvimento. Até 2001, mais de 120 países, incluindo nações industrializadas da Europa e da Ásia, já haviam ratificado o protocolo. No entanto, nos EUA, o presidente George W. Bush anunciou que o país não ratificaria "Kyoto", com os argumentos de que os custos prejudicariam a economia americana e que o acordo era pouco rigoroso com os países em desenvolvimento.

Adaptado do Jornal do Brasil, 11/04/2001

Na tabela encontram-se dados sobre a emissão de CO<sub>2</sub>:

Países	Emissões de CO <sub>2</sub> desde 1950 (bilhões de toneladas)	Emissões anuais de CO <sub>2</sub> per capita
Estados Unidos .....	186,1 .....	16 a 36
União Européia .....	127,8 .....	7 a 16
Rússia .....	68,4 .....	7 a 16
China .....	57,6 .....	2,5 a 7
Japão .....	31,2 .....	7 a 16
Índia .....	15,5 .....	0,8 a 2,5
Polónia .....	14,4 .....	7 a 16
África do Sul .....	8,5 .....	7 a 16
México .....	7,8 .....	2,5 a 7
Brasil .....	6,6 .....	0,8 a 2,5

World Resources 2000/2001.

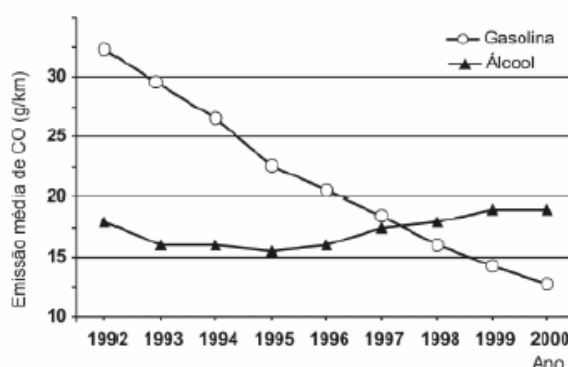
Considerando os dados da tabela, assinale a alternativa que representa um argumento que se contrapõe à justificativa dos EUA de que o acordo de Kyoto foi pouco rigoroso com países em desenvolvimento.

- A emissão acumulada da União Européia está próxima à dos EUA.
- Nos países em desenvolvimento as emissões são equivalentes às dos EUA.
- A emissão per capita da Rússia assemelha-se à da União Européia.
- As emissões de CO<sub>2</sub> nos países em desenvolvimento citados são muito baixas.
- A África do Sul apresenta uma emissão anual per capita relativamente alta.

## 15.2. (ENEM – 2002)

A tabela mostra a evolução da frota de veículos leves, e o gráfico, a emissão média do poluente monóxido de carbono (em g/km) por veículo da frota, na região metropolitana de São Paulo, no período de 1992 a 2000.

Ano	Frota a Álcool (em milhares)	Frota a Gasolina (em milhares)
1992	1250	2500
1993	1300	2750
1994	1350	3000
1995	1400	3350
1996	1350	3700
1997	1250	3950
1998	1200	4100
1999	1100	4400
2000	1050	4800



Adaptado de Cetesb: relatório do ano de 2000.



Comparando-se a emissão média de monóxido de carbono dos veículos a gasolina e a álcool, pode-se afirmar que

- I. no transcorrer do período 1992-2000, a frota a álcool emitiu menos monóxido de carbono.
- II. em meados de 1997, o veículo a gasolina passou a poluir menos que o veículo a álcool.
- III. o veículo a álcool passou por um aprimoramento tecnológico.

É correto o que se afirma apenas em

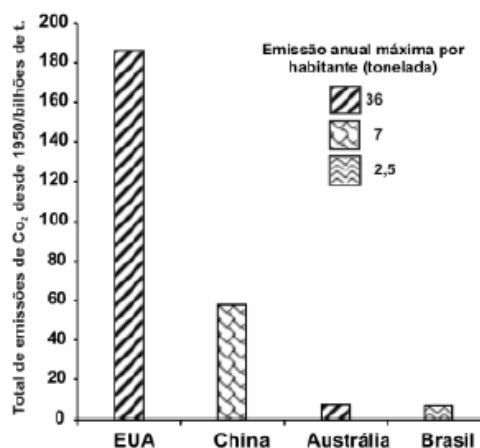
- a.) I.
- b.) I e II.
- c.) II.
- d.) III.
- e.) II e III.

### 15.3. (ENEM – 2002)

Em março de 2001, o presidente dos Estados Unidos da América, George W. Bush, causou polêmica ao contestar o pacto de Kyoto, dizendo que o acordo é prejudicial à economia norte-americana em um momento em que o país passa por uma crise de energia (...) O protocolo de Kyoto prevê que os países industrializados reduzam suas emissões de CO<sub>2</sub> até 2012 em 5,2%, em relação aos níveis de 1990.

Adaptado da Folha de São Paulo, 11/04/2001.

O gráfico mostra o total de CO<sub>2</sub> emitido nos últimos 50 anos por alguns países, juntamente com os valores de emissão máxima de CO<sub>2</sub> por habitante no ano de 1999.



Adaptado da revista *Veja*, Edição 1696, 18/04/2001.

Dados populacionais aproximados (nº de habitantes):

- EUA: 240 milhões
- BRASIL: 160 milhões

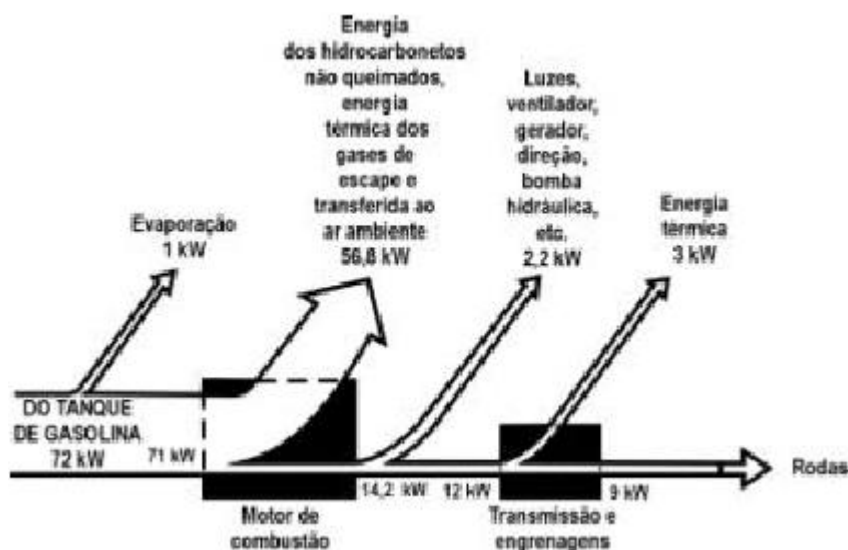
Se o Brasil mantivesse constante a sua população e o seu índice anual máximo de emissão de CO<sub>2</sub>, o tempo necessário para o Brasil atingir o acumulado atual dos EUA seria, aproximadamente, igual a

- a.) 60 anos.

- b.) 230 anos.
- c.) 460 anos.
- d.) 850 anos.
- e.) 1340 anos.

#### 15.4. (ENEM – 2000)

O esquema abaixo mostra, em termos de potência(energia/tempo), aproximadamente, o fluxo de energia, a partir de uma certa quantidade de combustível vinda do tanque de gasolina, em um carro viajando com velocidade constante.



O esquema mostra que, na queima da gasolina, no motor de combustão, uma parte considerável de sua energia é dissipada. Essa perda é da ordem de:

- a.) 80%.
- b.) 70%.
- c.) 50%.
- d.) 30%.
- e.) 20%.

#### 15.5. (ENEM – 2000)

Uma garrafa de vidro e uma lata de alumínio, cada uma contendo 330 mL de refrigerante, são mantidas em um refrigerador pelo mesmo longo período de tempo. Ao retirá-las do refrigerador com as mãos desprotegidas, tem-se a sensação de que a lata está mais fria que a garrafa. É correto afirmar que:

- a.) a lata está realmente mais fria, pois a capacidade calorífica da garrafa é maior que a da lata.
- b.) a lata está de fato menos fria que a garrafa, pois o vidro possui condutividade menor que o alumínio.
- c.) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, possuem a mesma condutividade térmica, e a sensação deve-se à diferença nos calores específicos.
- d.) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do alumínio ser maior que a do vidro.
- e.) a garrafa e a lata estão à mesma temperatura, e a sensação é devida ao fato de a condutividade térmica do vidro ser maior que a do alumínio.

**15.6. (ENEM – 2000)**

---

Para compreender o processo de exploração e o consumo dos recursos petrolíferos, é fundamental conhecer a gênese e o processo de formação do petróleo descritos no texto abaixo. “O petróleo é um combustível fóssil, originado provavelmente de restos de vida aquática acumulados no fundo dos oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram esses restos em massas viscosas de coloração negra denominadas jazidas de petróleo.”

(Adaptado de TUNDISI. Usos de energia. São Paulo: Atual Editora, 1991)

As informações do texto permitem afirmar que:

- a.) o petróleo é um recurso energético renovável a curto prazo, em razão de sua constante formação geológica.
- b.) a exploração de petróleo é realizada apenas em áreas marinhas.
- c.) a extração e o aproveitamento do petróleo são atividades não poluentes dada sua origem natural.
- d.) o petróleo é um recurso energético distribuído homogeneamente, em todas as regiões, independentemente da sua origem.
- e.) o petróleo é um recurso não renovável a curto prazo, explorado em áreas continentais de origem marinha ou em áreas submarinas.

**15.7. (ENEM – 1999)**

---

A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

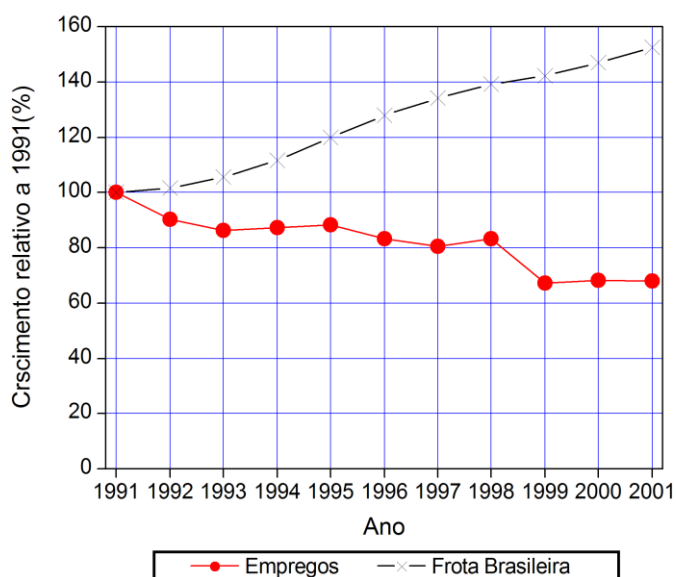
- I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
- II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.
- III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente

- a.) I é correta.
- b.) II é correta.
- c.) III é correta.
- d.) I e II são corretas.
- e.) II e III são corretas.

## 15.8.

A frota de veículos do Brasil tem crescido nas últimas décadas. De acordo com dados da ANFAVEA, na década de 90, a frota aumentou de cerca 13 milhões de veículos para aproximadamente 19 milhões em 2000. O gráfico representa o crescimento da frota de brasileira de veículos e do número de empregos no setor automobilístico.



Levando em consideração as mudanças ocorridas na última década, analisando-se o gráfico pode-se afirmar que

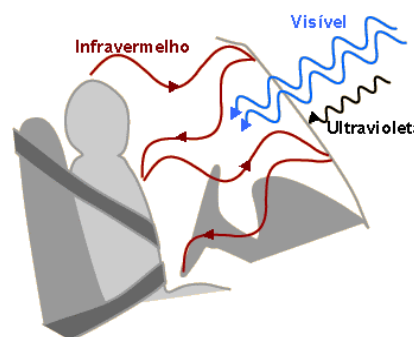
- O número de empregos nos setor automobilístico tem crescido consideravelmente graças ao crescimento da frota nacional.
- O número de empregos diminuiu apesar do crescimento da frota, provavelmente devido à automação das indústrias automobilísticas.
- O número de veículos na frota brasileira de veículos diminuiu drasticamente, juntamente com o número de empregos, provavelmente devido à recessão no País durante esse período.
- O número veículos na frota quase triplicou em uma década, enquanto o número de empregos no setor permaneceu aproximadamente inalterado.

## 15.9.

**Efeito estufa no interior do automóvel**

Toda vez que entramos dentro de um carro que ficou exposto ao sol com os vidros fechados, percebemos o quanto o seu interior fica quente e abafado. Por quê? O carro funciona como se fosse uma estufa. Os raios solares entram pelo vidro e uma parte de seu calor é absorvida pelos assentos, painel, carpete e tapetes. Quando esses objetos liberam o calor, ele não sai pelas janelas por completo. Uma parte é refletida de volta para o interior do carro. Além disso, normalmente o interior dos carros é preto, que é a cor que mais absorve radiação térmica

e, portanto, a que mais irradia calor. O calor irradiado pelos objetos do interior do carro é de um comprimento de onda diferente da luz do Sol que entrou pelas janelas. Então, uma certa quantidade de energia entra e menor quantidade de energia sai. O resultado é um aumento gradual na temperatura interna do carro. Bem, é claro que para nosso maior conforto no carro, a solução é abrir os vidros ou ligar o ar-condicionado para dissipar o calor.

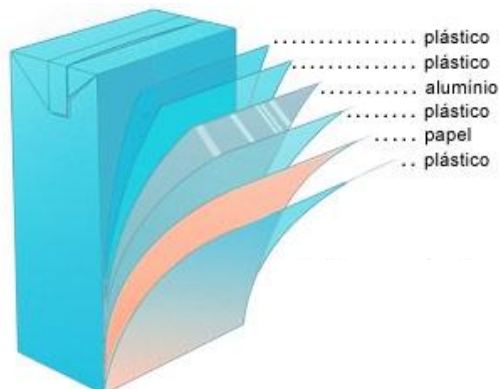


Adaptado de < [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.aspx](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx) >, Acesso em 11.12.2013

Após a leitura do texto, podemos explicar, do ponto de vista ondulatório e térmico, que o efeito estufa no interior do automóvel ocorreu porque

- as ondas incidentes são eletromagnéticas e de alta frequência, o que dá a elas a capacidade de atravessar os vidros do carro, mas as ondas emitidas de volta são mecânicas e de baixa frequência, o que confere a elas menor poder de transmissão, aumentando a temperatura no interior do automóvel.
- o vidro é transparente às ondas mecânicas incidentes, de alta frequência, porém opaco às ondas eletromagnéticas emitidas de volta que, por terem baixa frequência, não conseguem atravessar o vidro, aumentando a temperatura dentro do automóvel.
- o vidro é transparente às ondas eletromagnéticas incidentes que, por apresentarem alta frequência, têm grande poder de transmissão, ao passo que boa parte das eletromagnéticas emitidas de volta, por apresentarem baixa frequência, não consegue atravessar o vidro, aumentando a temperatura dentro do automóvel.
- a radiação visível e a ultravioleta têm menor frequência que a infravermelha, o que faz com que esta tenha mais facilidade de agitar as moléculas que fazem parte do ar no interior do automóvel, aumentando sua temperatura.
- o interior do carro, por ser normalmente de cor preta, é um ótimo absorvedor de radiação térmica, o que faz com que ele irradie ondas infravermelhas de frequência muito alta, maior que a da radiação incidente, e isso faz com que o ar do interior do carro se aqueça, pois facilita a agitação de suas moléculas.

## 15.10.

**Sustentabilidade: “Projeto Forro vida longa”, da UNICAMP****Caixinhas de longa vida deixam a casa mais fresca**

Que tal transformar caixinhas de leite longa vida, ainda pouco valiosas para a reciclagem, em matéria-prima para subcoberturas de telhados? Depois de higienizadas e coladas (ou costuradas), embalagens de leite longa vida são transformadas em subcoberturas: solução econômica, ecológica e que proporciona diminuição do calor interno nos locais onde forem aplicados. É possível transformar caixinhas de leite em mantas para subcobertura de telhados, como uma alternativa às mantas convencionais, aplicadas em construções, e devido a seu baixo

custo viabilizar o conforto térmico em moradias precárias em sua maioria cobertas por telhas de cimento-amianto que absorvem muito calor.

Devido à sua face aluminizada, a caixa de leite mostrou-se perfeita para exercer a função da manta, com a vantagem de ser uma solução ecológica, que pode contribuir muito para que esse material não seja mais jogado no lixo. Com a manta, a casa fica mais confortável porque funciona como isolante térmico, refletindo o calor para cima; evita goteiras e respingos, além da sujeira que entraria pelo telhado. O uso da embalagem como isolante térmico ajuda a reduzir a temperatura nos ambientes em 8°C



ou mais. Em estudos do projeto "Forro vida longa" da Unicamp, a redução chegou a ser de 16°C. Trata-se de um projeto que estudou e desenvolveu técnicas para o aproveitamento das propriedades do alumínio contido nas embalagens descartadas de produtos longa vida para proporcionar conforto térmico e saúde para as populações de baixa renda.

Adaptado de < <http://edgnets.blogspot.com.br/2009/12/caixinhas-de-longa-vida-deixam-casa.html> >, Acesso em 16.11.2012

Nos últimos anos, tem-se falado cada vez mais em sustentabilidade e reciclagem como formas combater a imensa degradação ambiental produzida pelo mundo moderno. A iniciativa do projeto “Forro vida longa”, desenvolvida por pesquisadores da UNICAMP, é, com certeza, uma simples e eficaz medida no que diz respeito a melhorar o conforto térmico das moradias, principalmente nas populações de baixa renda. Qual é a principal razão de o uso desse forro ajudar a reduzir a temperatura média desses ambientes?

- Quando a luz do Sol incide no telhado e é absorvida, o calor passa por condução para a manta, que o retém, não deixando passar para o interior das moradias.
- O forro é feito de um material mau condutor de calor que acaba, conseqüentemente, impedindo de o calor se propagar por convecção para as moradias.
- A luz do Sol incide diretamente no forro que, por ser aluminizado, reflete essa luz para cima, impedindo sua entrada na moradia.

- d.) As telhas absorvem a radiação solar e a emitem em várias direções na forma de radiação infravermelha, que, por sua vez, é refletida pela face aluminizada, minimizando a entrada desse calor na moradia.
- e.) Como as embalagens têm na sua composição papel e plástico, que são ótimos isolantes térmicos, o calor não consegue passar por condução para o interior das moradias.

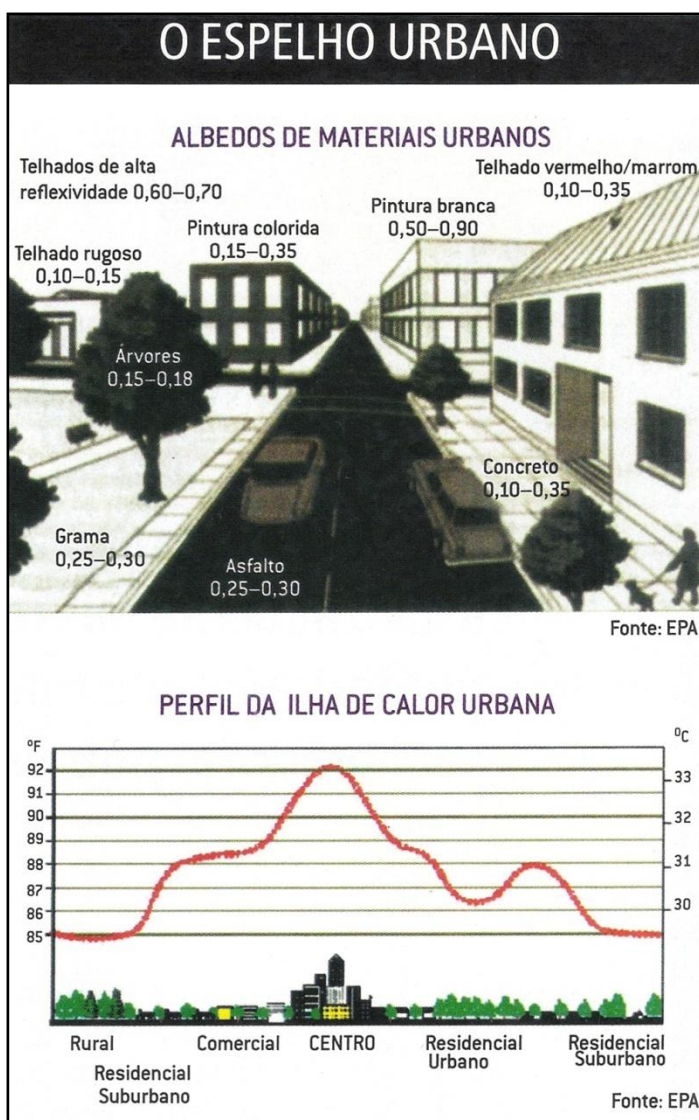
## 15.11.

### Ilhas urbanas de calor

Apesar de planejada, Brasília teve crescimento desordenado, com forte impacto ambiental

**Por Gustavo Macedo de Mello  
Baptista**

“Brasília foi construída com base num minucioso planejamento urbano. Apesar disso, O Distrito Federal, onde está a capital brasileira, sofre um crescimento desordenado da área urbana, que inclui não apenas a cidade propriamente dita, mas também o seu entorno. Esse crescimento tem provocado um fenômeno peculiar, caracterizado por aumento da temperatura nos centros urbanos e denominado ilhas de calor (...). O fenômeno de ilhas de calor é mais verificado em ambientes urbanos, pois os diferentes padrões de refletividade (albedo – número adimensional que indica a razão entre a quantidade de luz refletida por uma superfície e a quantidade de luz incidente nela) são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Nota-se que, dependendo do albedo, mais radiação poderá ser absorvida e, por consequência, mais calor será emitido pela superfície”.



Adaptado de:

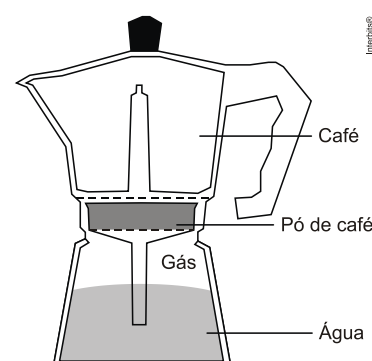
**Scientific American Brasil – Aula aberta, N.º. 2, 2010**

Certas características de alguns materiais utilizados nos grandes centros urbanos são responsáveis pela formação das ilhas de calor, que se constituem em um grave fenômeno climático para as pessoas que habitam essas regiões. No infográfico anterior, são indicados os albedos de vários materiais urbanos. Baseando-se somente nas informações do infográfico e do texto, que tipos de atitudes relativamente simples se poderia tomar para oferecer a essa cidade um melhor conforto térmico e talvez evitar ou, pelo menos, amenizar o fenômeno das ilhas de calor?

- Procurar aumentar a quantidade de vegetação da cidade e também a quantidade de asfalto, já que este apresenta baixo calor específico, o que melhora termicamente o ambiente.
- Procurar utilizar, nas pinturas ou revestimentos de fachadas de prédios e casas, cores mais claras e telhados também mais claros, de modo a aumentar a reflexão da luz do Sol.
- Construir mais regiões com lagos ou fontes artificiais, uma vez que a água, por ter baixo calor específico, dificulta as mudanças bruscas de temperatura no ambiente, impedindo que ele fique quente facilmente.
- Aumentar a quantidade de concreto nas calçadas e parques, uma vez que esse material reflete muito bem a luz do Sol, além de ter um baixo calor específico que lhe confere a propriedade de mudar de temperatura com facilidade, melhorando o conforto térmico dessa cidade.
- Aumentar a quantidade de asfalto nas ruas, uma vez que esse material reflete muito bem a luz do Sol, além de ter um alto calor específico que lhe confere a propriedade de mudar de temperatura com facilidade, melhorando o conforto térmico dessa cidade.

### 15.12. (UFG – 2013)

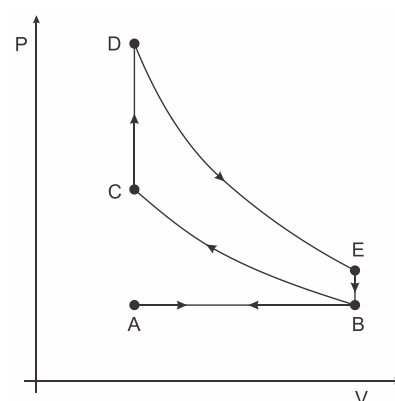
A figura a seguir ilustra a estrutura e o funcionamento de uma cafeteira italiana. Na sua parte inferior, uma fração do volume é preenchido com água e o restante por um gás contendo uma mistura de ar e vapor de água, todos à temperatura ambiente. Quando a cafeteira é colocada sobre a chama do fogão, o café produzido é armazenado no compartimento superior da cafeteira em poucos minutos. O processo físico responsável diretamente pelo funcionamento adequado da cafeteira é:



- o isolamento adiabático da água.
- a condensação do gás.
- o trabalho realizado sobre a água.
- a expansão adiabática do gás.
- o aumento da energia interna do gás.

### 15.13. (ENEM – 2ª. aplicação – 2016)

O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica. Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?



- A
- B
- C
- D
- E



**15.14. (ENEM – 2012)**

---

Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores à combustão e reduzir suas emissões de poluentes são a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: [www.inovacaotecnologica.com.br](http://www.inovacaotecnologica.com.br). Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- a.) o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- b.) um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- c.) o funcionamento cíclico de todo os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- d.) as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
- e.) a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

**15.15. (ENEM – 2011)**

---

Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a.) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b.) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c.) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d.) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e.) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

**15.16. (UFSC – 2014)**

---

A Petrobras é uma empresa que nasceu 100% nacional, em 1953, como resultado da campanha popular que começou em 1946 com o histórico *slogan* "O petróleo é nosso". Ao longo desses sessenta anos, a Petrobras superou vários desafios e desenvolveu novas tecnologias relacionadas à extração de petróleo, assim como produtos de altíssima qualidade, desde óleos lubrificantes até gasolina para a Fórmula 1. Em 1973, a crise do petróleo obrigou a Petrobras a tomar algumas medidas econômicas, entre elas investir em um álcool carburante como combustível automotivo, o etanol, através do programa Pró-Álcool. Sendo assim, além do diesel, da gasolina comum, da gasolina aditivada e da gasolina de alta octanagem, a Petrobras oferece o etanol como combustível automotivo.

Os automóveis atuais no Brasil são praticamente todos “flex”, ou seja, funcionam tanto com gasolina quanto com etanol. Claro que o desempenho do automóvel muda dependendo do combustível utilizado. A tabela abaixo apresenta as principais propriedades da gasolina e do etanol e explica em parte a diferença de desempenho entre os combustíveis.

	<b>GASOLINA</b>	<b>ETANOL</b>
Poder calorífico (MJ/L)	35,0	24,0
Calor latente de vaporização (kJ/kg)	376 ~ 502	903
Temperatura de ignição (°C)	220	420
Razão estequiométrica ar/combustível	14,5	9

Fonte: Goldemberg & Macedo [Adaptado]

Independentemente do projeto do motor 4 tempos, alguns parâmetros são iguais. Por exemplo, a temperatura média da câmara de combustão é de 280 °C (fonte quente) e a temperatura média do sistema de arrefecimento é de 80 °C (fonte fria). Considere o motor 4 tempos como ideal. Com base nos dados do enunciado, determine qual seria o seu rendimento.

- a) 12%
- b) 24%
- c) 36%
- d) 48%
- e) 60%

## 16. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DO PRODUTO EDUCACIONAL

---

ALVES, E. A História dos motores. 2013. Disponível em:

< <https://www.youtube.com/watch?v=fvFEqEmekzk>>. Acesso em 25 jul. 2018.

BOLIN B. & KHESHGI, HS. On strategies for reducing greenhouse gas emissions, PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA, 98 (9): 4850-4854, 2001

CALDEIRA, M. H. & MARTINS, D. R. Calor e Temperatura: Que noção têm os alunos universitários destes conceitos? In: *Gaz. Física, Vol. 13, Fasc. 2, 1990*, p.89

CARMONA, H. A. Energia e movimento. Fortaleza: EdUECE, 2002.

DOCA, R. H.; GUALTER, J. B. & NEWTON, V. B. *Física*. São Paulo: Saraiva, 2010. v. 2.

MOLINA, M. J. & ROWLAND, F. S., *stratospheric sink for chlorofluoromethanes” Chlorine atom catalyzed destruction of ozone*, Nature, 249, 810-814, 1974.

THENÓRIO, I. Como funciona um motor. 2015. Disponível em:

< <https://www.youtube.com/watch?v=UI1XuiJE0Dw> >. Acesso em 27 jul. 2018.