



# Fundamentos de Físico-Química Aplicados

*Emílio Vieira de Sousa*



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PERNAMBUCO

Recife - PE  
2016

Presidência da República Federativa do Brasil  
Ministério da Educação  
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco  
Este caderno foi elaborado em parceria entre o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – Campus Recife e a Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

**Equipe de Elaboração**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia de Pernambuco – IFPE

**Reitor**  
Anália Keila Rodrigues Ribeiro/IFPE

**Direção Geral**  
Fernanda Maria Dornellas Câmara/IFPE

**Coordenação Institucional**  
Fabiola Nascimento dos Santos Paes/IFPE  
Fábia Gonçalves de Melo Torres/IFPE

**Coordenação de Curso**  
Natanael Gomes da Costa Júnior/IFPE

**Professor-autor**  
Emílio Vieira de Sousa/IFPE

**Equipe de Acompanhamento e Validação**  
Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

**Coordenação Institucional**  
Paulo Roberto Colusso/CTISM

**Coordenação de Design**  
Erika Goellner/CTISM

**Revisão Pedagógica**  
Elisiane Bortoluzzi Scrimini/CTISM  
Jaqueline Müller/CTISM

**Revisão Textual**  
Carlos Frederico Ruviano/CTISM

**Revisão Técnica**  
Mario Reginaldo Fialho Dorneles/CTISM  
Viviane Terezinha Sebalhos Dalmolin/CTISM

**Ilustração**  
Erick Kraemer Colaço/CTISM  
Marcel Santos Jacques/CTISM  
Ricardo Antunes Machado/CTISM

**Diagramação**  
Emanuelle Shaiane da Rosa/CTISM  
Tagiane Mai/CTISM

**S725f SOUSA, Emílio Vieira de.**  
**Fundamentos de Físico-Química Aplicados / Emílio Vieira de**  
**Sousa. – Recife: IFPE, 2016.**  
**98 p. : il.**

**Inclui bibliografia**  
**Rede e-Tec Brasil**

**ISBN: 978-85-9450-009-0**

**1. Física-química. 2. Átomo. 3. Química Orgânica.**  
**4. Combustão. 5. Mecânica dos fluidos. I. Título.**

**CDD: 541.3**

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,  
Bem-vindo a Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de o acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!  
Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2016

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra do professor-autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Apresentação da disciplina</b> .....	<b>11</b>
<b>Projeto instrucional</b> .....	<b>13</b>
<b>Aula 1 – Características dos elementos químicos</b> .....	<b>15</b>
1.1 Considerações iniciais.....	15
1.2 Estrutura atômica básica.....	15
1.3 Equação geral dos gases.....	24
1.4 Lei dos gases aplicada ao sistema automotivo.....	25
1.5 Cálculo estequiométrico.....	25
<b>Aula 2 – Química orgânica</b> .....	<b>31</b>
2.1 Considerações iniciais.....	31
2.2 Cadeias carbônicas.....	32
2.3 Simplificações de fórmulas estruturais.....	34
2.4 Funções orgânicas.....	34
<b>Aula 3 – Tipos de combustíveis e reações de combustão</b> .....	<b>39</b>
3.1 Considerações iniciais.....	39
3.2 Reações de combustão.....	40
3.3 Entalpia de reação.....	41
3.4 Petróleo.....	41
<b>Aula 4 – Dinâmica</b> .....	<b>51</b>
4.1 Considerações iniciais.....	51
4.2 Primeira lei de Newton.....	52
4.3 Segunda lei de Newton.....	53
4.4 Terceira lei de Newton.....	55
4.5 Quais são as forças que agem sobre um automóvel?.....	56
<b>Aula 5 – Mecânica dos fluidos</b> .....	<b>61</b>
5.1 Considerações iniciais.....	61
5.2 Densidade.....	62

5.3 Viscosidade.....	63
5.4 Pressão.....	64
5.5 Princípio de Pascal.....	66
<b>Aula 6 – Tópicos de termologia.....</b>	<b>73</b>
6.1 Considerações iniciais.....	73
6.2 A medida da temperatura.....	74
6.3 A medida do calor.....	75
6.4 Capacidade térmica.....	76
6.5 Propagação de calor.....	77
6.6 Dilatação térmica dos sólidos e líquidos.....	78
6.7 Estudo dos gases.....	79
<b>Aula 7 – Equilíbrio dos sólidos.....</b>	<b>87</b>
7.1 Considerações iniciais.....	87
7.2 Momento de uma força ou torque.....	87
7.3 Tópicos aplicados de vetores.....	88
7.4 Aceleração tangencial.....	91
7.5 Aceleração centrípeta.....	91
7.6 Aceleração resultante.....	92
<b>Referências.....</b>	<b>97</b>
<b>Currículo do professor-autor.....</b>	<b>98</b>

## Palavra do professor-autor

Caros estudantes, meu nome é Emílio Sousa e juntos iremos viajar pelo universo da química, buscando compreender um pouco mais o universo que nos cerca e, mais especificamente, compreender os fenômenos físicos e químicas diretamente relacionados a área automotiva.

O homem é um ser pensante, essa característica tornou possível a invenção de diversas tecnologias para facilitar as atividades cotidianas. Dentre as invenções do homem, uma que revolucionou o modo de vida da humanidade foi o automóvel. Com ele podemos desde encurtar o tempo para o deslocamento quanto facilitar o transporte de alimentos e outros matérias em locais onde as linhas férreas não chegavam.

Por ser pensante, o homem também deve buscar compreender cada vez mais o universo que o cerca e aperfeiçoar suas construções. Isso pode ser visto nas constantes inovações na área automotiva, como a busca por melhor eficiência e conforto.

Neste curso, convido todos vocês a exercitarem o pensamento, a questionar, procurando o porquê das coisas. Com o objetivo de compreender os fenômenos físicos e químicos relacionados a área automotiva, melhorando assim o conhecimento técnico na área.

Bons estudos!  
Emílio Vieira de Sousa



# Apresentação da disciplina

Prezados, nesta disciplina você terá a oportunidade de trabalhar importantes conceitos da química e da física, que possuem grande aplicabilidade na área automotiva. Em cada aula serão trabalhadas temáticas diversas, as quais procuramos contextualizar ao máximo a toda dinâmica relacionada aos processos envolvidos direta ou indiretamente nos automóveis.

O objetivo principal dessa disciplina é contribuir com uma formação de Técnicos em Manutenção Automotiva capazes de analisar os problemas que serão apresentados no exercício de suas atividades com um olhar profundo, capaz de enxergar além do que está aparente, do que é visível. É contribuir para formação de um técnico questionador, mas não apenas um técnico, um cidadão questionador, consciente da importância do seu papel na sociedade.



# Projeto instrucional

**Disciplina:** Fundamentos de Físico-Química Aplicados (carga horária: 60h).

**Ementa:** Este componente curricular tem por objetivo apresentar ao estudante as bases teóricas e práticas das áreas de conhecimento da Física e Química.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Características dos elementos químicos	Compreender a constituição elementar da matéria através do conhecimento da estrutura atômica básica, do conceito de íons, moléculas, massa atômica, massa molecular, mol, massa molar. Saber relacionar a teoria cinética dos gases e a teoria geral dos gases aos fenômenos gasosos que ocorrem no sistema automotivo. Ser capaz de efetivar cálculos estequiométricos básicos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
2. Química orgânica	Compreender o que é a química orgânica. Sabendo identificar quais os principais compostos orgânicos presentes nos automóveis.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	09
3. Tipos de combustíveis e reações de combustão	Conhecer a origem e forma de obtenção dos combustíveis utilizados na área automotiva. Assim como compreender as reações de combustão, identificando os reagentes e os produtos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	09
4. Dinâmica	Compreender as três leis de Newton, que estão relacionadas ao movimento dos corpos, e saber relacioná-las à área automotiva. Assim como entender os fatores que geram, modificam ou interrompem o movimento.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08
5. Mecânica dos fluidos	Compreender o que é fluido, os conceitos de densidade, viscosidade e pressão a ele relacionados. Também deverá compreender o princípio de Pascal, assim como relacionar esses conhecimentos à área automotiva.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	09
6. Tópicos de termodinâmica	Compreender o que é dilatação térmica, capacidade térmica e poder calorífico. Compreender as formas de propagação de calor e as propriedades básicas dos gases.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	09

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
7. Equilíbrio dos sólidos	Compreender as forças que agem nos sólidos e que dependem da direção, sentido e intensidade, assim como sua relação com a área automotiva.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	08

# Aula 1 – Características dos elementos químicos

## Objetivos

Compreender a constituição elementar da matéria através do conhecimento da estrutura atômica básica, do conceito de íons, moléculas, massa atômica, massa molecular, mol, massa molar.

Relacionar a teoria cinética dos gases e a teoria geral dos gases aos fenômenos gasosos que ocorrem no sistema automotivo.

Ser capaz de efetivar cálculos estequiométricos básicos.

## 1.1 Considerações iniciais

Sabemos que matéria é tudo aquilo que possui massa e ocupa lugar no espaço, mas de que é formada a matéria?

Esse é um questionamento que desde a Grécia antiga estimula o homem a buscar conhecimento sobre os menores constituintes de tudo que nos cerca, até de nós mesmos.

O filósofo grego Demócrito acreditava que se dividisse um corpo em pedaços cada vez menores, chegaria um momento em que não seria mais possível a divisão, chegando assim ao **átomo**, que significa indivisível em grego.

## 1.2 Estrutura atômica básica

A teoria atômica evoluiu bastante desde a Grécia antiga. Hoje, já sabemos que os átomos não são indivisíveis, sendo formados por um núcleo maciço e uma eletrosfera, esses são formados por inúmeras partículas, das quais se destacam os prótons (p), elétrons (e) e nêutrons (n).

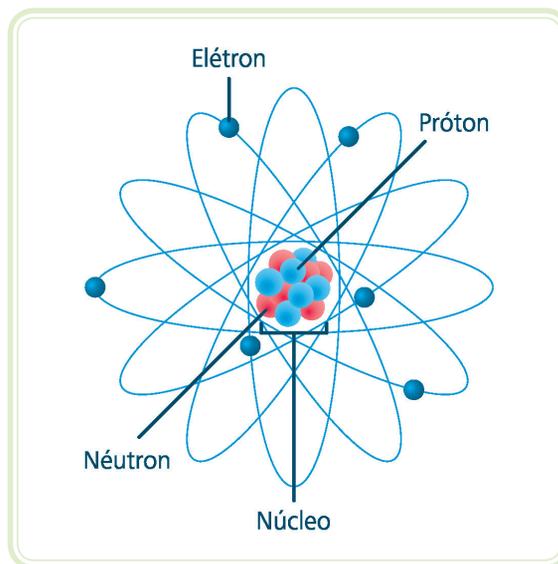
A-Z

### átomo

Menor partícula de um **elemento** químico.

### elemento

Conjunto de átomos com mesmo número atômico.



**Figura 1.1: Modelo atômico e suas partículas fundamentais**

Fonte: CTISM

Os nêutrons e os prótons são encontrados no núcleo do átomo, já os elétrons são encontrados da eletrosfera. Os nêutrons não possuem carga, já os prótons possuem carga positiva e os elétrons possuem carga negativa.

Quanto a massa dessas subpartículas, foi criada a unidade de massa atômica (u) e por experimentação observou-se que tanto os prótons quanto os nêutrons possuem massa aproximadamente igual a 1 u, já os elétrons possuem massa desprezível.

A-Z

Íon

Átomo que ganhou ou perdeu elétrons.

### 1.2.1 Íon

Já que os átomos são formados pelas mesmas subpartículas, todo átomo é igual?

Mesmo sabendo que todo átomo é formado pelas mesmas subpartículas, tendo como principais os prótons, elétrons e nêutrons, cada átomo é diferente por que possuem quantidades diferentes dessas subpartículas, formando elementos diferentes. Cada elemento possui uma quantidade diferente dessas subpartículas.

Considerando que os elétrons têm carga elétrica negativa, os prótons têm carga positiva e os nêutrons não tem carga, surgiu o conceito de número atômico (Z) e número de massa (A), os quais são simbolizados da seguinte forma para cada elemento químico:



Onde:  $A = p + n$   
 $Z = p$

### Exemplo

Em um átomo a quantidade de prótons, carga positiva, é igual à quantidade de elétrons, carga negativa. No entanto, o átomo pode ganhar ou perder elétrons. Se o átomo ganhar um elétron, passa a ter um excesso de carga negativa, sendo denominado **ânion**, sendo simbolizado por:



### Exemplo

Se o átomo perder um elétron, passa a ter um excesso de carga positiva, sendo denominado **cátion**, sendo simbolizado por:



A-Z

#### ânion

Átomo com carga negativa devido ao ganho de elétron.

#### cátion

Átomo com carga positiva devido a perda de elétron.

## 1.2.2 Molécula

Quando dizem que a fórmula molecular da água é  $H_2O$ , o que significa?

Quando falamos em fórmula molecular estamos demonstrando a quantidade de átomos de um ou mais elementos que formam uma determinada molécula.

As moléculas são formadas por átomos do mesmo elemento ou elementos diferentes, quando estão unidos por ligação covalentes, que só ocorrem entre átomos de alta **eletroafinidade**. São exemplos de moléculas:

$H_2$  (gás hidrogênio)

$O_2$  (gás oxigênio)

$CO_2$  (gás carbônico)

$NH_3$  (amônia)

A-Z

#### Eletroafinidade

Propriedade atômica que determina a afinidade em receber elétrons.



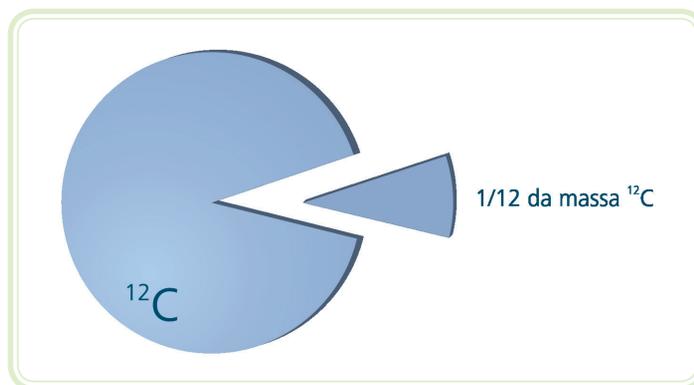
Não confundir molécula com compostos iônicos ou metálicos, nestes as ligações são iônicas e metálicas, respectivamente, diferente das moléculas que possuem ligações covalentes.

### 1.2.3 Como saber a massa atômica, massa molecular e massa molar?

É importante lembrar que os átomos são os constituintes fundamentais da matéria, por isso, para descobrir a massa molar ou molecular é imprescindível saber a massa atômica. Vejamos então como podemos aferir a massa atômica.

#### 1.2.3.1 Massa atômica

Você acha que seria possível pesar um átomo? Infelizmente ainda não temos como pesar uma partícula tão pequena como o átomo, para isso foi criada uma unidade de medida chamada de unidade de massa atômica (u). A referência para essa unidade é o carbono isótopo 12 e uma u corresponde a 1/12 da massa desse carbono, o que é equivalente a  $1,66057 \times 10^{-24}$  gramas.



**Figura 1.2: Representação da unidade de medida usada para cálculo da massa atômica**  
Fonte: CTISM

Quando dizemos que o hidrogênio tem massa atômica igual a 1 u, significa que sua massa em gramas é  $1,66057 \times 10^{-24}$  gramas.

#### 1.2.3.2 Massa molecular

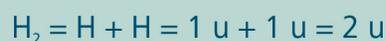
Lembrando que uma molécula é formada por átomos do mesmo elemento ou elementos diferentes, quando estão unidos por ligação covalentes, temos que a massa molecular é igual a soma das massas de todos os átomos que formam a molécula.

#### Exemplo

Qual é a massa molecular do gás hidrogênio ( $H_2$ )?

## Resposta

Sabendo que um átomo de hidrogênio tem massa igual a 1 u, temos:



Logo, a massa do gás hidrogênio é igual a 2 u.

### 1.2.3.3 Massa molar

Como as massas atômicas e moleculares são muito pequenas, foi preciso criar outra grandeza para expressar essas massas em gramas. Essa grandeza é chamada de mol, que corresponde a  $6,02 \times 10^{23}$  unidades. Quando falamos em um mol de gás oxigênio ( $\text{O}_2$ ) estamos nos referindo a  $6,02 \times 10^{23}$  unidade de  $\text{O}_2$ .

Quando falamos de massa molar, nos referimos a massa de um mol de determinada substância. É importante ressaltar que a massa molar é numericamente equivalente a massa atômica ou molar, por exemplo, 1 mol de  $\text{H}^2$  tem massa igual a 2 g e  $\text{H}_2$  tem massa molecular de 2 u.

Quem primeiro observou essa relação entre a massa molar e as massas atômica e molecular foi o cientista Amadeo Avogadro. Ao qual foi dado atribuído o nome da constante que os relacionam, que é a constante de Avogadro, equivalente a um mol ( $6,02 \times 10^{23}$ ).

### Exemplo

Qual é a massa molar da água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), considerando as massas atômicas (MA) do O (16 u) e do H (1 u).

Considerando que:

1 mol de O possui:

$$6,02 \times 10^{23} \text{ e } 16 \text{ g (O : } 16 \times 1 = 16)$$

1 mol de  $\text{H}_2$  possui:

$$6,02 \times 10^{23} \text{ e } 2 \text{ g (H}_2 \text{ : } 1 \times 2 = 2)$$

Temos então como resposta:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 16 \text{ g} + 2 \text{ g} = 18 \text{ g}$$

### 1.2.3.4 Volume molar

Foi determinado experimentalmente que um mol de um gás perfeito, sob as Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), pressão de 1 atm e temperatura de 273 K (Kelvin) ou 0°C, ocupa um volume de 22,4 L.

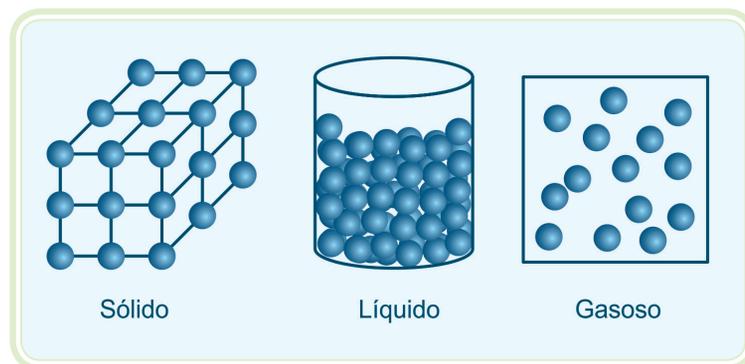
#### Exemplo

Nas CNTP, um mol de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é igual a 22,4 L.

### 1.2.4 Se todas as substâncias são formadas por átomos, o que faz elas serem sólidas, líquidas ou gasosas?

O que faz as substâncias estarem presentes na natureza em um ou mais estados é a forma como suas moléculas ou átomos estão organizados. Quanto maior a proximidade entre eles mais tendendo para o estado sólido estará e quanto mais afastados, maior a tendência de estarem no estado gasoso.

Vamos tomar como exemplo a água (H<sub>2</sub>O), ela pode ser encontrada no estado sólido, líquido e gasoso. Isso está relacionado ao meio onde ela se encontra, abaixo de 0°C ela é encontrada no estado sólido, entre 0 e 100°C no estado líquido e a partir de 100°C no estado gasoso. Observe na Figura 1.3 um exemplo da organização das moléculas da água nos três estados.



**Figura 1.3: Representação da organização das moléculas da água nos estados sólido, líquido e gasoso**

Fonte: CTISM

## 1.2.5 Teoria cinética dos gases

Os gases estão extremamente relacionados ao funcionamento dos automóveis. Como podemos entender melhor sua dinâmica?

Inicialmente precisamos conhecer a teoria cinética dos gases, segundo ela:

- Uma substância no estado gasoso não tem forma nem volume definido, adquirindo a forma e volume do recipiente em que se encontra.
- Suas moléculas estão separadas umas das outras por um grande espaço.
- Possui movimento aleatório e desordenado.
- As colisões das moléculas nas paredes do recipiente em que está origina o que chamamos de pressão.
- O grau de agitação de suas moléculas é medido através da temperatura.

## 1.2.6 Teoria geral dos gases

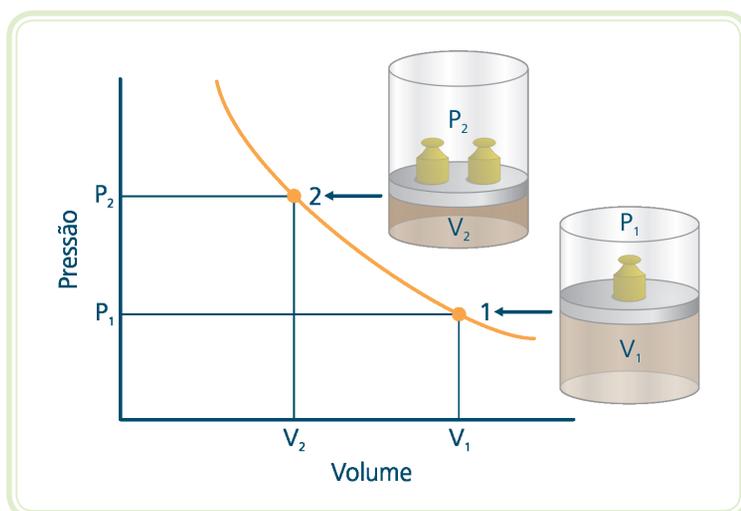
Existem quatro variáveis que estão diretamente relacionados ao estudo dos gases, são elas: volume, pressão, temperatura e quantidade de matéria. Essas variáveis possuem a seguinte relação.

### 1.2.6.1 Relação entre pressão e volume

Se a temperatura ( $T$ ) e a quantidade de matéria ( $n$ ) permanecer constante, a pressão ( $P$ ) e o volume ( $V$ ) irão variar de forma inversamente proporcional, ou seja, se reduzimos a pressão o volume aumenta, e se aumentarmos o volume a pressão diminui. Essa transformação é chamada de transformação isotérmica, pois a temperatura é constante.



Transformação isotérmica é a que ocorre em temperatura constante.



**Figura 1.4: Relação entre pressão e volume de um gás**

Fonte: CTISM

$$P \times V = \text{constante}$$

Também podemos dizer que:

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$$

### 1.2.6.2 Relação entre volume e temperatura

Se a pressão (P) e a quantidade de matéria (n) permanecer constante, o volume do gás (V) e a temperatura (T) irão variar de forma diretamente proporcional, ou seja, se reduzimos o volume a temperatura reduz, e se aumentarmos o volume a temperatura aumenta. Essa transformação é chamada de transformação isobárica, pois ocorre em pressão constante.



Transformação isobárica é a que ocorre em pressão constante.

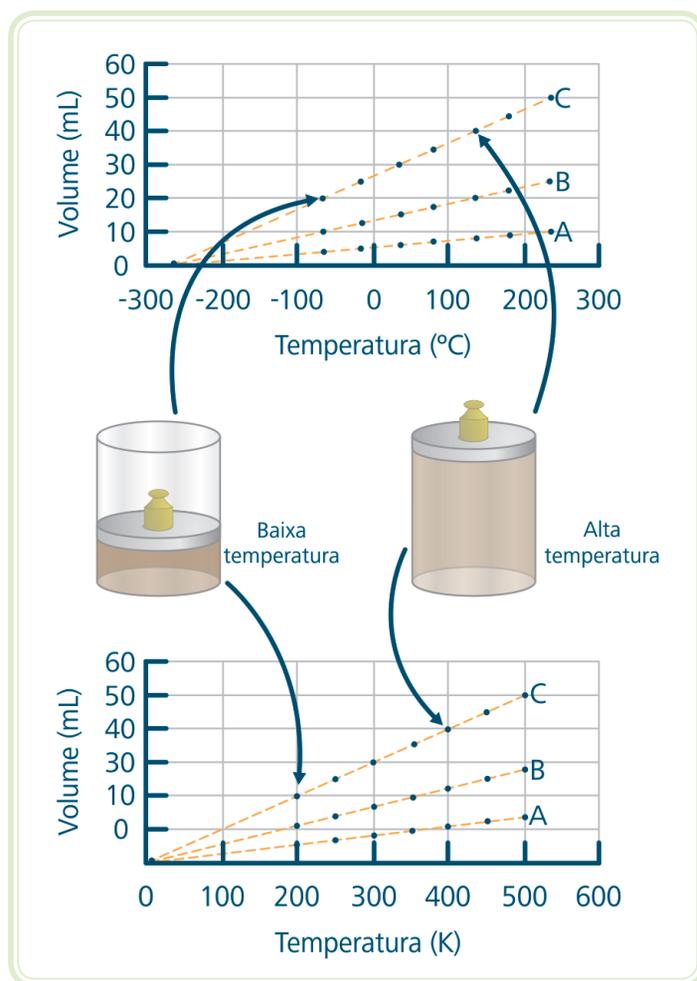


Figura 1.5: Relação entre volume e temperatura de um gás

Fonte: CTISM

$$\frac{V}{T} = \text{constante}$$

Também podemos dizer que:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



Transformação isovolumétrica é a que ocorre em volume constante.

### 1.2.6.3 Relação entre temperatura e pressão

Se o volume ( $V$ ) e a quantidade de matéria ( $n$ ) permanecer constante, a temperatura ( $T$ ) e a pressão ( $P$ ) irão variar de forma diretamente proporcional, ou seja, se reduzimos a temperatura a pressão reduz, e se aumentarmos a temperatura a pressão aumenta. Essa transformação é chamada de transformação isovolumétrica, pois ocorre em volume constante.

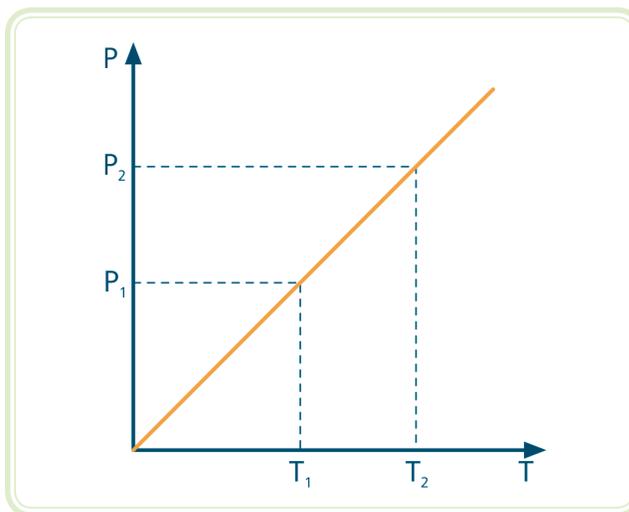


Figura 1.6: Relação entre pressão e temperatura de um gás

Fonte: CTISM

$$\frac{P}{T} = \text{constante}$$

Também podemos dizer que:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

## 1.3 Equação geral dos gases

Considerando as relações apresentadas anteriormente e a relação de que em volume ( $V$ ) e temperatura ( $T$ ) constantes, a pressão ( $P$ ) é diretamente proporcional a quantidade de matéria ( $n$ ), Clapeyron desenvolveu uma equação que relaciona todas essas teorias, essa equação é conhecida como “Equação Geral dos Gases” expressa por:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Onde R é a constante geral dos gases, cujo valor pode ser expresso como:

$$R = 0,082 \text{ atm.L/mol.K}$$

OU

$$R = 62,3 \text{ mmHg.L/mol.K}$$

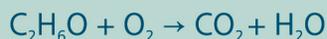
## 1.4 Lei dos gases aplicada ao sistema automotivo

Mais adiante você irá estudar melhor a aplicação da Lei Geral dos Gases aos sistemas automotivos, onde você verá que o motor é uma máquina térmica que converte energia química da mistura ar-combustível em energia térmica e mecânica, sob a forma de pressão gerada pela expansão dos gases. A energia mecânica é responsável pelo movimento das rodas do carro.

## 1.5 Cálculo estequiométrico

Através do cálculo estequiométrico podemos relacionar as quantidades de reagentes e produtos envolvidos em uma reação. Existem algumas regras que ajudam a realizar esses cálculos, vamos estudá-las através da combustão do álcool etílico:

- a) Escrever a equação química.



- b) Colocar os coeficientes estequiométricos da equação para obter as quantidades em mols entre os participantes.



- c) Montar a proporção com base nos dados das perguntas (massa-massa, massa-quantidade em mols, massa-volume, etc.).

### Exemplo

Quantos mols de gás carbônico são produzidos pela queima de etanol, considerando que são consumidos 134,4 L de oxigênio nas CNTPs.

### Resposta

Nas CNTPs 1 mol de um gás ocupa 22,4 L, se temos 134,4 L temos em mol:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} &= 22,4 \text{ L} \\ X \text{ mol} &= 134,4 \text{ L} \\ X &= 6 \text{ mol de oxigênio} \end{aligned}$$

d) Tendo a relação acima, utilizamos a regra de três para chegar à resposta.

Utilizando a equação balanceada:



Observamos que 3 mol de  $\text{O}_2$  produz 2 mol de  $\text{CO}_2$ , escrevemos:

$$\begin{aligned} 3\text{O}_2 &= 2\text{CO}_2 \\ 6\text{O}_2 &= x \\ x &= 4 \text{ mol de CO}_2 \end{aligned}$$

### Resumo

Nesta aula, aprendemos que o nome átomo significa indivisível em grego, no entanto, foi descoberto que ele não é indivisível, sendo formado por um núcleo maciço e uma eletrosfera. Os átomos são formados por inúmeras partículas, das quais se destacam os prótons (p), elétrons (e) e nêutrons (n). Em um átomo a quantidade de prótons, carga positiva, é igual à quantidade de elétrons, carga negativa. Quando átomos estão unidos por ligação covalentes, formam as moléculas. Por não ser possível pesar um átomo, foi criada a unidade de massa atômica (u), que possibilitou calcular não só a massa de um átomo mas a massa molecular e a massa molar.

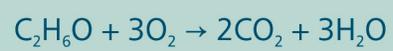
Também aprendemos que nas CNTP, um mol de um gás ocupa um volume de 22,4 L e como a lei dos gases pode ser aplicada nos sistemas automotivos. Por fim, aprendemos que através de cálculos estequiométricos é possível ter a previsão das proporções necessária de reagentes para gerar certa quantidade de produtos.

## Atividades de aprendizagem



1. Em um átomo, as partículas que possuem massa num átomo são:
  - a) Prótons, nêutrons e elétrons.
  - b) Prótons e elétrons.
  - c) Prótons e nêutrons.
  - d) Elétrons e nêutrons.
2. Marque a alternativa correta.
  - a) Quando um átomo ganha ou perde elétrons ele passa a ser chamado de molécula.
  - b) Quando um átomo perde elétrons fica com excesso de carga negativa e passa a ser um ânion.
  - c) Quando um átomo ganha elétrons fica com excesso de carga negativa e passa a ser um ânion.
  - d) Normalmente os átomos são encontrados isolados na natureza, podem as vezes, formar moléculas.
3. Considerando a constante de Avogadro, quantos átomos de oxigênio existem em 3 mols desse gás?
4. Na queima de determinada quantidade de gasolina foram produzidos 11,2 L de  $\text{CO}_2$ . Considerando que ele esteja na CNTP, qual a quantidade de mols de  $\text{CO}_2$  é produzido?
5. Sobre a teoria cinética dos gases, marque a alternativa correta.
  - a) O grau de agitação de suas moléculas é medido através do calor.
  - b) Uma substância no estado gasoso tem forma e volume definido.
  - c) Uma substância no estado gasoso possui movimento aleatório e ordenado.

- d) Chamamos de pressão as colisões das moléculas de gás nas paredes do recipiente em que está contido.
6. Em uma transformação isotérmica, com massa de gás constante, quando o volume aumenta a pressão:
- a) Permanece inalterada, pois a pressão não está relacionada ao volume.
  - b) Aumenta, pois a pressão é diretamente proporcional ao volume.
  - c) Diminui, pois a pressão é inversamente proporcional ao volume.
  - d) Não existe transformação em temperatura constante.
7. Em uma transformação isobárica, com massa de gás constante, quando o volume aumenta a temperatura:
- a) Permanece inalterada, pois a temperatura não está relacionada ao volume.
  - b) Aumenta, pois a temperatura é diretamente proporcional ao volume.
  - c) Não existe transformação em pressão constante.
  - d) Diminui, pois a temperatura é inversamente proporcional ao volume.
8. Em uma transformação isovolumétrica, com massa de gás constante, quando a temperatura aumenta a pressão:
- a) Aumenta, pois a pressão é diretamente proporcional a temperatura.
  - b) O aumento da temperatura não afeta a pressão.
  - c) Aumenta, pois a pressão é inversamente proporcional a temperatura.
  - d) Diminui, pois a pressão é inversamente proporcional a temperatura.
9. Considerando a reação de combustão do etanol descrita abaixo, quantos mols de  $\text{CO}_2$  são produzidos pela queima de 3 mol de etanol?



10. Qual o volume de  $\text{CO}_2$  produzido na reação acima, considerando que a reação ocorre nas CNTP?



# Aula 2 – Química orgânica

## Objetivos

Compreender o que é a química orgânica, sabendo identificar os principais compostos orgânicos presentes nos automóveis.

## 2.1 Considerações iniciais

O que é a química orgânica e qual a importância dela na área automotiva?

Desde a antiguidade o homem aprendeu a utilizar substâncias que existem em vegetais ou que podem ser extraídas deles, tais como vinho, cerveja e álcool. No entanto, só em 1777, como os avanços da nova área da ciência conhecida como química, Olof Bergman, englobou todas essas substâncias na química orgânica, que era a parte da química que estudava os compostos originados de seres vivos. Até então acreditavam que compostos orgânicos só poderiam ser obtidos de organismos vivos.

Em 1828, Friedrich Wohler, conseguiu sintetizar a ureia, que antes só se obtinha através da urina dos animais, derrubando assim a teoria de Bergman. Com a descoberta de Friedrich Wohler, a química orgânica ficou conhecida como a área da química que estuda os compostos de carbono.

Os principais elementos dos compostos orgânicos são carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N), esses elementos são chamados de organógenos.

O que diferencia os compostos orgânicos dos inorgânicos são as seguintes propriedades:

- a) **Ponto de fusão e ebulição** – menores pontos de fusão e ebulição, quando comparados aos compostos inorgânicos.
- b) **Solubilidade** – a maioria dos compostos orgânicos são solúveis em outros compostos orgânicos.

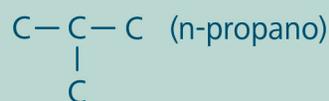
c) **Combustão** – a maioria dos compostos que sofrem combustão (queima) são de origem orgânica. Exemplo: gasolina e álcool.

Os compostos orgânicos estão presentes em todos os lugares, desde os materiais plásticos até os combustíveis utilizados nos automóveis. Nestes podemos encontrar diversos compostos orgânicos, tais como os óleos lubrificantes e os combustíveis.

## 2.2 Cadeias carbônicas

Como é possível existir tantas substâncias tendo como base o carbono?

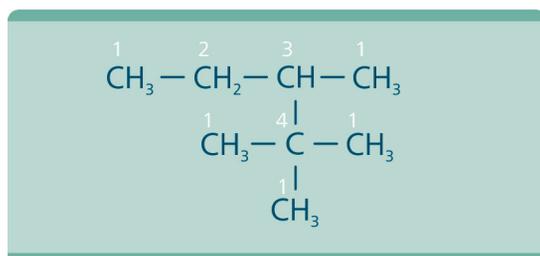
O que tornou possível a formação de tantos compostos tendo como base o átomo do carbono foi a capacidade desse átomo em formar cadeias, conhecidas como cadeias carbônicas, que podem ser de apenas um a dezenas de átomos de carbono. Dependendo da organização da cadeia, uma mesma quantidade de carbono pode formar diversas substâncias orgânicas. Veja o exemplo de substâncias formadas por quatro átomos de carbono:



Observe que a cadeia carbônica principal é a que apresenta maior quantidade de carbono.

Para entender melhor os tipos de cadeias carbônicas, é fundamental saber que os carbonos presentes nelas podem ser classificados com primário (1), secundário (2), terciário (3) e quaternário (4), que são os ligados, respectivamente, a um, dois, três e quatro átomos de carbono.

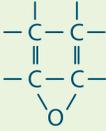
### Exemplo



As cadeias carbônicas podem ser classificadas com abertas ou fechadas, normal ou ramificada, saturada ou insaturada e homogênea ou heterogênea. Veja o Quadro 2.1.

**Quadro 2.1: Cadeias carbônicas**

Classificação	Conceito	Exemplo
Aberta	Pode apresentar carbonos primários, secundários, terciários e quaternários. Tendo duas extremidades.	$\begin{array}{c}   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   \end{array}$
Fechada	Não possui carbonos primários e não tem extremidades livres.	$\begin{array}{c}   &   \\ -\text{C} & - \text{C}- \\   &   \\ -\text{C} & - \text{C}- \\   &   \end{array}$
Normal	Só existem carbonos primários e secundários.	$\begin{array}{c}   &   &   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   &   &   \end{array}$
Ramificada	Possui pelo menos um carbono terciário ou quaternário.	$\begin{array}{c}   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   \\ & &   \\ & & -\text{C}- \\ & &   \end{array}$
Saturada	Só existem ligações simples entre os carbonos.	$\begin{array}{c}   &   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   \end{array}$
Insaturada	Possui pelo menos uma ligação dupla ou tripla.	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
Homogênea	Não há heteroátomos na cadeia.	$\begin{array}{c}   &   \\ -\text{C} & - \text{C}- \\   &   \\ -\text{C} & - \text{C} & - \text{C}- \\   &   &   \end{array}$

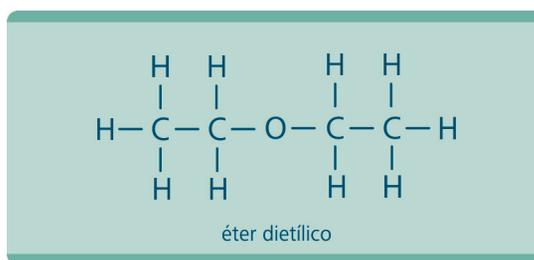
Classificação	Conceito	Exemplo
Heterogênea	Apresenta pelo menos um heteroátomo na cadeia. Os mais comuns são oxigênio (O), nitrogênio (N).	

Fonte: Autor

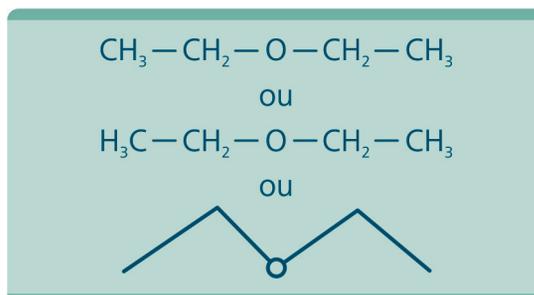
## 2.3 Simplificações de fórmulas estruturais

Para facilitar a representação das fórmulas estruturais dos compostos orgânicos, podemos simplificar de diversas formas.

### Exemplo



Podemos simplificar das seguintes formas:



## 2.4 Funções orgânicas

Determinadas substâncias apresentam propriedades muito semelhantes, isso por que possuem grupos funcionais semelhantes. Vejamos algumas funções orgânicas.

**Quadro 2.2: Conhecendo as funções orgânicas**

Função	Grupo funcional	Exemplo
Hidrocarboneto	Não possui grupo funcional.	Butano – presente no gás de cozinha. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ Gasolina – formada por uma mistura de hidrocarbonetos, que possuem em média 8 carbonos.
Álcool	$-\text{OH}$ Ligado a um carbono saturado.	Etanol – utilizado como combustível automotivo. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
Éter	$-\text{O}-$ Possui oxigênio como heteroátomo.	Éter etílico. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
Aldeído	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{R} \end{array}$ Tem como grupo funcional a <b>carbonila</b> .	Formaldeído ou formol – utilizado na conservação de peças anatômicas. $\text{CH}_2\text{O}$
Cetona	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}^1 - \text{C} - \text{R}^2 \end{array}$ Possui o grupo carbonila no meio da cadeia.	Acetona – utilizada como solvente. $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$
Ácido carboxílico	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R} - \text{C} - \text{OH} \end{array}$ Possui o grupo funcional chamado carboxila.	Ácido Acético – principal componente do vinagre. $\text{CH}_3 - \text{COOH}$
Éster	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R} - \text{C} - \text{OR}' \end{array}$ Observe que a função éster é semelhante a do ácido carboxílico, a diferença é que o hidrogênio ligado ao oxigênio da carboxila foi substituído por um grupo R'.	Os óleos e gorduras são formados por éster.

Fonte: Autor

**A-Z****carbonila**

É um grupo funcional no qual o oxigênio está ligado a um carbono primário por meio de uma ligação dupla.

**Resumo**

Nesta aula aprendemos que a química orgânica é a área da química que estuda os compostos de carbono. Os elementos mais comuns dos compostos orgânicos são carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O) e nitrogênio (N). Vimos que o carbono tem a propriedade de formar cadeias carbônicas, que podem ser de apenas um a dezenas de átomo de carbono.

O carbono da cadeia pode ser classificado como primário, secundário, terciário e quaternário e as cadeias carbônicas podem ser classificadas como abertas

ou fechadas, normal ou ramificada, saturada ou insaturada e homogênea ou heterogênea. Por fim, aprendemos que os compostos orgânicos são agrupados em funções orgânicas de acordo com seus grupos funcionais.

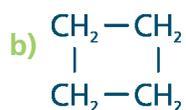


## Atividades de aprendizagem

1. Entre as alternativas abaixo, a que relaciona corretamente os elementos organógenos é:

- a) Flúor, cloro, sódio e oxigênio.
- b) Carbono, iodo, flúor e hidrogênio.
- c) Hidrogênio, carbono, oxigênio e cloro.
- d) Nitrogênio, carbono, hidrogênio e oxigênio.

2. Classifique as cadeias carbônicas abaixo informando se cada uma é aberta ou fechada, normal ou ramificada, saturada ou insaturada, homogênea ou heterogênea.



3. Das funções abaixo, a que possui apenas carbono e hidrogênio é:

- a) Éter.
- b) Hidrocarboneto.
- c) Aldeído.
- d) Álcool.
- e) Amina.

4. Sobre as funções oxigenadas assinale a alternativa **incorreta**:

- a) O álcool apresenta uma hidroxila ligada a um carbono saturado.
- b) O éter possui pelo menos um oxigênio como heteroátomo.
- c) O ácido carboxílico não é um composto oxigenado.
- d) O aldeído apresenta pelo menos um oxigênio ligado por uma dupla ligação.

5. Assinale a alternativa que representa um álcool.

- a)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- b)  $\text{H}_3\text{C} - \text{O} - \text{CH}_3$
- c)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{OH}$
- d)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH}$
- e)  $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{COH}$



# Aula 3 – Tipos de combustíveis e reações de combustão

## Objetivos

Conhecer a origem e forma de obtenção dos combustíveis utilizados na área automotiva. Assim como compreender as reações de combustão, identificando os reagentes e os produtos.

## 3.1 Considerações iniciais

O que são os combustíveis?

Combustível é todo composto capaz de sofrer reação de combustão, que por sua vez gera energia na forma de calor. Nos motores a combustão tem a função de transformar calor em trabalho, ou seja, aproveita o calor liberado na combustão para gerar movimento.

Para que a reação de combustão ocorra, além do combustível é necessária a presença do comburente, que nos automóveis é o oxigênio. No entanto, não basta ter apenas o combustível e o comburente misturados, a reação só inicia quando um ativador entra em contato com eles. Ativador pode ser uma descarga elétrica, que oferece energia suficiente para que a reação de combustão possa iniciar, depois disso a reação se processa sem a necessidade do ativador.

O que faz um combustível ser capaz de fornecer maior ou menor energia durante a combustão é o seu poder calorífico, expresso em quilocaloria por quilograma, que é a quantidade de energia armazenada por ele. Podemos saber qual é o combustível que fornecesse mais energia sabendo seu poder calorífico. Os combustíveis mais comuns nos automóveis, gasolina, álcool, diesel e gás natural, têm um poder calorífico de 9600,6100 kcal/kg.

Existe uma grande preocupação com o futuro dos combustíveis utilizados nos automóveis de origem não renovável, que são a gasolina e o diesel, assim como o gás natural. Esses combustíveis, além de ter um futuro incerto, pois são gerados através da decomposição da matéria orgânica em grandes profundidades, em um processo que dura milhares de anos, produzem gases de combustão danosos ao meio ambiente.

Uma alternativa para substituição dos combustíveis fósseis são os de origem renovável. Esses combustíveis são produzidos a partir da fermentação de determinados vegetais. Na área automotiva, é utilizado o etanol produzido da cana-de-açúcar, que também pode ser produzido a partir de outros vegetais. Nos Estados Unidos, por exemplo, o etanol é produzido em larga escala a partir do milho.

## 3.2 Reações de combustão

Vamos entender melhor a reação de combustão!

Como já vimos anteriormente, na reação de combustão o combustível reage com o oxigênio (comburente), liberando energia na forma de calor. No entanto, os produtos de reação não são apenas energia, há formação de gases e água na forma de vapor, podem formar outros produtos além dos citados. As reações de combustão são divididas em completas e incompletas:

- **Combustão completa** – os produtos são o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) na forma de vapor, para compostos nitrogenados há também formação de gás nitrogênio (N<sub>2</sub>).

### Exemplo

Reação completa de combustão do metano.



- **Combustão incompleta** – nas reações de combustão incompleta, que são as mais comuns, além do CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e água, são produzidos gases extremamente nocivos a saúde humana e ao meio ambiente, entre eles se destacam o monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>).

### Exemplo

Reação incompleta de combustão do metano.



## 3.3 Entalpia de reação

Toda reação libera energia? Como se mede a energia liberada?

Inicialmente precisamos lembrar que uma reação química ocorre com a transformação de substâncias, os reagentes geram produtos. Todas as substâncias possuem certa quantidade de energia, que é chamada de entalpia.

Se em uma reação os produtos formados possuírem entalpia menor que os reagentes, podemos dizer que essa é uma **reação exotérmica**, pois libera energia. Isso é o que ocorre na combustão, pois o combustível, gasolina, por exemplo, tem entalpia maior que os produtos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , entre outros).

Se os produtos formados da reação possuírem entalpia maior que os reagentes, temos uma **reação endotérmica**, pois ocorre com a absorção da energia do meio.

A-Z

### reação exotérmica

Reação que ocorre liberando energia.

### reação endotérmica

Reação que ocorre absorvendo energia.

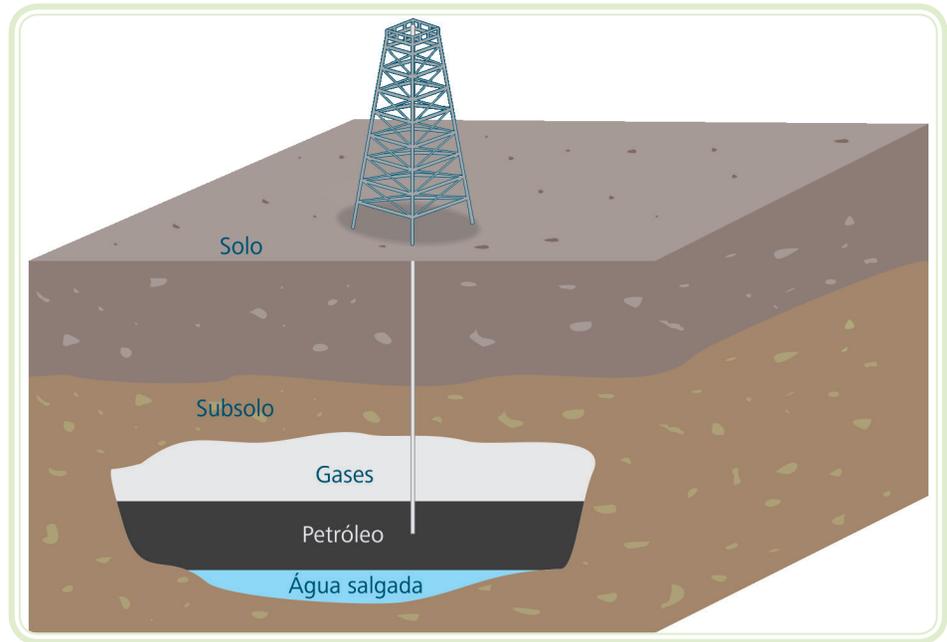
## 3.4 Petróleo

Qual é a origem dos combustíveis utilizados nos automóveis?

Os principais combustíveis utilizados nos automóveis são gasolina, diesel, Gás Natural Veicular (GNV) e álcool. Desses combustíveis a gasolina, o diesel e o GNV são combustíveis não renováveis já o álcool é renovável. Dentre os não renováveis, a gasolina e o diesel são obtidos do petróleo, enquanto o GNV é oriundo de grandes depósitos subterrâneos.

### 3.4.1 O que é o petróleo e para que serve?

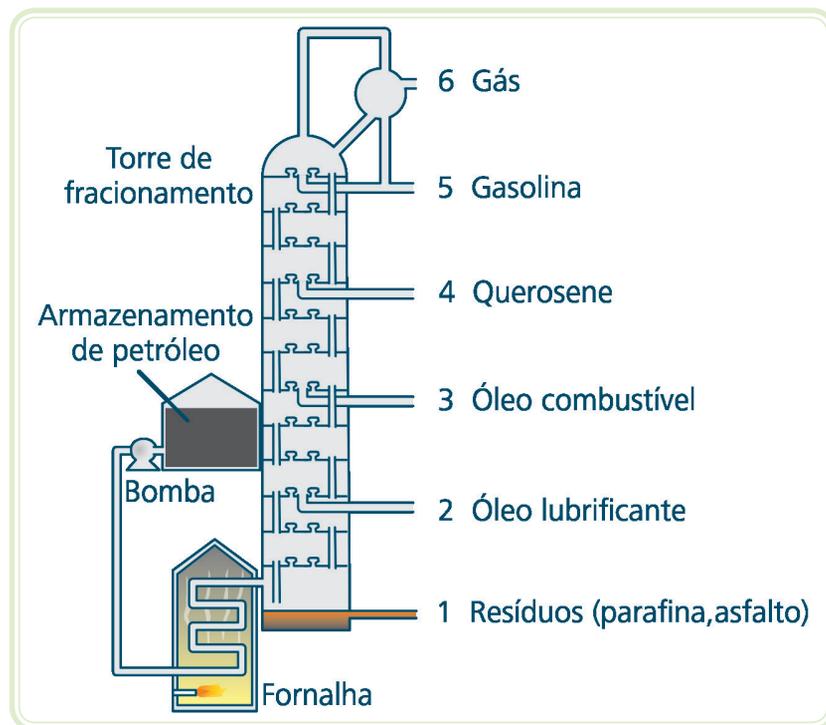
Segundo a teoria atualmente aceita sobre a origem do petróleo, ele é originado da decomposição de animais e vegetais marinhos, soterrados a milhares de anos, devido às altas pressões sofridas por esse material. Por isso ele é encontrado em grandes profundidades, entre uma camada de gases e de água salgada.



**Figura 3.1: Extração do petróleo**

Fonte: CTISM

O petróleo é um líquido escuro, insolúvel em água e menos denso que ela, ele é uma mistura de diversos compostos orgânicos com predominância dos hidrocarbonetos. Após sua extração, ele é tratado para retirar a areia e a água e em seguida segue para um destilador fracionado.



**Figura 3.2: Fracionamento do petróleo**

Fonte: CTISM

Na destilação os hidrocarbonetos são separados em frações compreendidas entre determinados pontos de ebulição. As principais frações são:

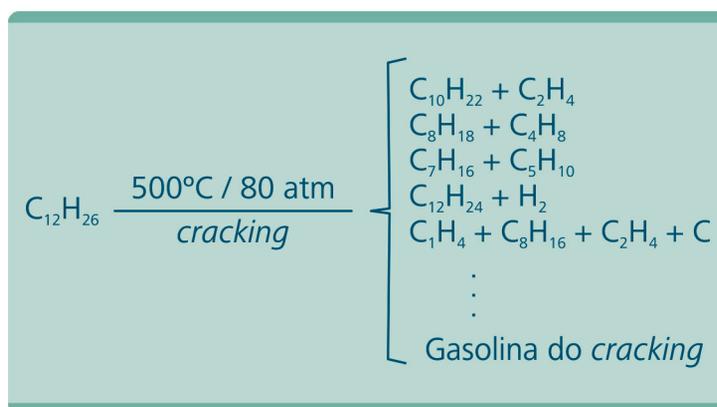
- **Fração gasosa** – gás natural e gás engarrafado (gás de cozinha).
- **Fração gasolina (até 200°C)** – utilizada como combustível de carros com motores a explosão.
- **Fração querosene (200 a 300°C)** – combustível doméstico e de aviões.
- **Fração óleo diesel (250 a 350°C)** – combustível de ônibus, caminhões, caldeiras, etc.
- **Fração óleo lubrificante (350 a 400°C)** – lubrificantes.
- **Resíduos (acima de 400°C)** – parafina, vaselina, asfalto, piche.

### 3.4.2 Gasolina

De que é formada a gasolina e o que a faz ter maior ou menor qualidade?

A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos cuja média de carbono na cadeia é 8. Ela é a fração do petróleo mais utilizada, no entanto, só representa em média 15 % do petróleo. Por isso foi desenvolvida uma técnica chamada **cracking do petróleo**.

Essa técnica corresponde a submeter hidrocarbonetos de cadeias maiores, presentes nas frações de querosene, óleos lubrificantes, entre outras, a temperatura de aproximadamente 500°C e pressão de 80 atm. Assim, as cadeias são rompidas, produzindo hidrocarbonetos correspondentes aos da fração gasolina.



## A-Z

### índice de octanagem

Indica a capacidade de resistência do combustível à compressão.

### detonação

Combustão sem emissão de centelha.

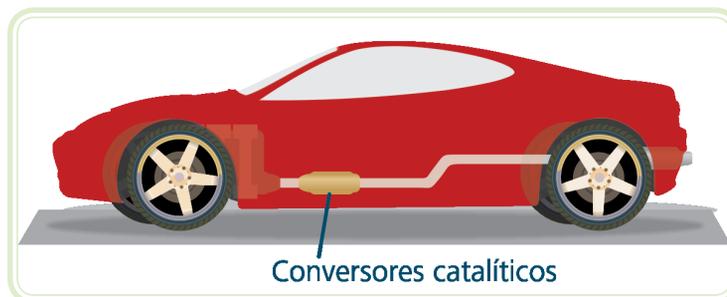
A qualidade da gasolina é medida através do seu **índice de octanagem**, que indica sua capacidade a compressão. Isso por que, nos motores de combustão interna, o combustível é submetido a uma compressão juntamente com o ar. Quanto maior for sua resistência a compressão, melhor será sua qualidade e menor o risco de **detonação**, que é a combustão sem a emissão de centelha, o que pode danificar o motor e diminuir sua resistência.

Para calcular o índice de octanagem, são tomados como bases dois hidrocarbonetos: o n-heptano, que tem baixa resistência a compressão, e o isoctano que tem alta resistência, a eles foram atribuídas as octanagens de 0 % e 100 %, respectivamente.

A reação de combustão da gasolina normalmente é incompleta, produzindo além de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ), gases poluentes como monóxido de carbônico (CO), óxidos de nitrogênio (NOx). Devido ao problema da geração de gases poluentes, passou a ser obrigatória a utilização de conversores catalíticos em veículos automotivos vendidos no Brasil a partir de 1997 em decorrência da Lei n. 8.723 de 1993.

### 3.4.2.1 Conversores catalíticos

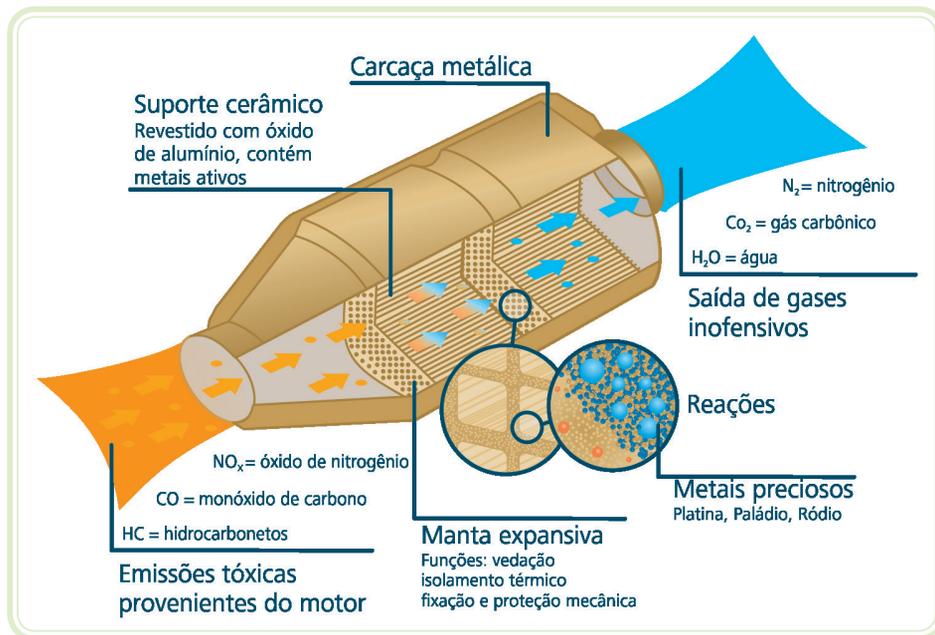
Conversor catalítico automotivo é um equipamento que fica instalado no escapamento de um automóvel, sua finalidade é promover reações catalíticas de transformação de gases poluentes em gases não poluentes.



**Figura 3.3: Localização do conversor catalítico**

Fonte: CTSIM

Também conhecido como catalisador, a estrutura do conversor catalítico é semelhante a uma colmeia, ela é construída de materiais cerâmicos e metais como paládio, ródio e molibdênio, e uma carcaça de proteção de material metálico. Como falado anteriormente, sua função é facilitar a conversão de gases poluentes como CO e NOx e gases inertes.



**Figura 3.4: Estrutura do catalisador**

Fonte: CTISM, adaptado de <http://assimquefaz.com/ver-tutorial/escapamento>

### 3.4.2.2 Tipo de gasolina

Qual é a diferença entre gasolina comum, aditivada e *premium*?

Inicialmente é importante deixar claro que não é encontrada comercialmente uma gasolina pura, até por que isso pode não ser interessante para os automóveis, devido ao risco de detonação.

A gasolina comum possui cerca de 22 % de etanol anidro, que também tem a função de antidetonante o que aumenta sua octanagem.

Já a gasolina aditivada, além do etanol na mesma porcentagem da comum, possui aditivos do tipo “detergente-dispersante”, a função deles é limpar o sistema por onde passa a gasolina, melhorando assim seu rendimento.

Quanto a gasolina *premium*, sua octanagem é maior que a da gasolina comum, devido aos aditivos que aumentam sua resistência a compressão. Ela pode ser utilizada em qualquer tipo de motor, porém é melhor aproveitada em motores de alto desempenho.

### 3.4.3 Diesel

Como vimos anteriormente óleo diesel é uma fração do petróleo obtido na faixa de temperatura de 250 a 350°C. Ele é composto por hidrocarbonetos cuja cadeia possui entre 6 e 30 átomos de carbono, também possui pequenas quantidades de enxofre e nitrogênio. A concentração de enxofre precisa ser

mínima, pois ele produz gases tóxicos ( $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ ), durante a combustão. Hoje são comercializados três tipos de diesel para o setor automotivo no Brasil, são eles:

- **Metropolitano** – utilizados em motores do ciclo diesel para caminhões, ônibus, carretas, utilitários, etc. O limite máximo de enxofre nesse tipo de diesel é de 0,05 %.
- **Interior** – utilizados em motores do ciclo diesel para caminhões, ônibus, carretas, utilitários, etc. No entanto, o limite máximo de enxofre nesse tipo de diesel é de 0,2 % pois não são utilizados nos centros urbanos.
- **Aditivado** – tem a mesma composição e limites máximos de enxofre que os tipos anteriores, mas contém aditivos (dispersantes) que melhoram o desempenho do sistema de alimentação e dos injetores.

#### 3.4.4 Gás Natural Veicular (GNV)

O gás natural tem a mesma origem do petróleo, decomposição de animais e vegetais marinhos, soterrados a milhares de anos, devido às altas pressões sofridas por esse material. Ele é composto por uma mistura de hidrocarbonetos gasosos, com predominância do metano ( $\text{CH}_4$ ), etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), e gases inorgânicos como gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Ele é um combustível pouco poluente, pois apresenta baixa formação de contaminantes durante o processo de combustão.

A utilização desse tipo de combustível sofreu um aumento nos últimos anos devido ao seu baixo consumo, o que gera uma economia que pode chegar a 60 %, quando comparada a gasolina. No entanto, normalmente os carros devem ser adaptados para rodar com esse tipo de combustível.

#### 3.4.5 Álcool combustível

Devido a questões ambientais de controle da poluição atmosférica, pois ele não gera poluentes durante a combustão, e questões econômica, relacionadas ao risco de esgotamento dos combustíveis de fontes não renováveis, o álcool combustível é uma importante alternativa. No Brasil o álcool comercializado é uma mistura de 95 % de etanol e 5 % de água.

O álcool no Brasil é produzido a partir da cana-de-açúcar, em um processo que envolve sua prensagem para obtenção de um caldo, que depois é fermentado e destilado para extração do etanol.

Reação de combustão do etanol:



## Resumo

Nesta unidade aprendemos que combustível é todo composto capaz de sofrer reação de combustão gerando energia na forma de calor. O que faz um combustível ser capaz de fornecer maior ou menor energia durante a combustão é o seu poder calorífico. Os combustíveis utilizados nos automóveis podem ser de origem não renovável, como gasolina, diesel e gás natural, ou renovável como o álcool da cana-de-açúcar. Aprendemos que a combustão pode ser completa, produzindo apenas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  e água, ou incompleta, produzindo além dos produtos da combustão completa, CO e os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ).

Vimos que a gasolina e o diesel são obtidos do petróleo, enquanto o GNV é oriundo de grandes depósitos subterrâneos. O petróleo é um líquido escuro, insolúvel em água e menos denso que ela, é uma mistura de diversos compostos orgânicos com predominância dos hidrocarbonetos. Já o álcool no Brasil é produzido a partir da cana-de-açúcar, em um processo que envolve sua prensagem para obtenção de um caldo, que depois é fermentado, por fim o caldo fermentado é destilado para extração do etanol.

## Atividades de aprendizagem

1. Para que ocorra a combustão existem três fatores fundamentais, eles podem ser representados no triângulo do fogo. Marque a alternativa que traz os três fatores essenciais para a ocorrência da reação.
  - a) Gás, combustível e calor.
  - b) Comburente, oxigênio e calor.
  - c) Comburente, combustível e calor.
  - d) Combustível, calor e fonte de ignição.



2. Marque a alternativa correta sobre a combustão completa.
- a) Os produtos são o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e monóxido de carbono (CO).
  - b) Entre os produtos da reação existem gases poluentes.
  - c) Os óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) não são formados neste tipo de combustão.
  - d) Os produtos são o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e monóxido de nitrogênio (NO).

3. Marque a alternativa correta sobre a combustão incompleta.
- a) Os produtos são o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e água na forma de vapor (CO).
  - b) Produz, além do  $\text{CO}_2$  e vapor de água, CO e  $\text{NO}_x$ .
  - c) Nenhum dos produtos de reação são poluentes.
  - d) Não há formação de óxidos de nitrogênio  $\text{NO}_x$ ,

4. Relacione a primeira com a segunda coluna.

- |  |  |
|--|--|
| (A) Fração gasosa  | ( ) Utilizada como combustível de carros com motores a explosão. |
| (B) Fração gasolina (até $200^\circ\text{C}$ )               | ( ) Combustível doméstico e de aviões.                           |
| (C) Fração querosene ( $200$ a $300^\circ\text{C}$ )         | ( ) Lubrificantes.   |
| (D) Fração óleo diesel ( $250$ a $350^\circ\text{C}$ )       | ( ) Parafina, vaselina, asfalto, piche.                          |
| (E) Fração óleo lubrificante ( $350$ a $400^\circ\text{C}$ ) | ( ) Gás natural e gás engarrafado (gás de cozinha)               |
| (F) Resíduos (acima de $400^\circ\text{C}$ )                 | ( ) Combustível de ônibus, caminhões, caldeiras, etc.            |

5. *Cracking* do petróleo é:

- a) A técnica utilizada para reduzir a quantidade de poluentes da gasolina.
- b) A técnica utilizada para reduzir o risco de detonação da gasolina.
- c) O processo de produção de gasolina a partir de hidrocarbonetos menores.
- d) A técnica utilizada para obter gasolina a partir da quebra das cadeias de hidrocarbonetos maiores que os da gasolina.

6. Relacione a primeira com a segunda coluna.

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| (A) Gasolina comum          | ( ) Além do etanol, possui aditivos para limpar o sistema por onde passa a gasolina. |
| (B) Gasolina aditivada      | ( ) Possui cerca de 22 % de etanol anidro.   |
| (C) Gasolina <i>premium</i> | ( ) Apresenta maior resistência a detonação que gasolina comum.                      |

7. Sobre os tipos de diesel podemos afirmar que:

I - Metropolitano – utilizados em motores do ciclo diesel para caminhões, ônibus, carretas, utilitários, etc. O limite máximo de enxofre nesse tipo de diesel é de 0,50 %.

II - Interior – utilizados em motores do ciclo diesel para caminhões, ônibus, carretas, utilitários, etc. O limite máximo de enxofre nesse tipo de diesel é de 0,2 %.

III - Aditivado – contém aditivos (dispersantes) que melhoram o desempenho do sistema de alimentação e dos injetores.

Pode-se afirmar que:

- a) I e II são corretas.

- b)** I e III estão incorretas.
- c)** II e III estão corretas.
- d)** Todas as afirmações estão corretas.
- 8.** Sobre o GNV podemos afirmar que:
- a)** É produzido através do *cracking* do petróleo.
- b)** Na sua composição há predominância de metano ( $\text{CH}_4$ ), etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) e propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ).
- c)** É considerado um combustível bastante poluente.
- d)** A economia gerada por esse combustível em relação a gasolina é irrelevante.
- 9.** Das alternativas a seguir a que descreve a sequência correta do processo de produção do álcool de cana-de-açúcar é:
- a)** Fermentação, prensagem e evaporação.
- b)** Destilação, prensagem e evaporação.
- c)** Prensagem, fermentação e condensação.
- d)** Prensagem, fermentação e destilação.
- 10.** A principal função de um conversor catalítico é:
- a)** Facilitar o processo de combustão do álcool.
- b)** Facilitar a transformação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) em monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).
- c)** Catalisar reações de transformação do monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).
- d)** Utilizado no escapamento de automóveis para reter o  $\text{CO}$ .

# Aula 4 – Dinâmica

## Objetivos

Compreender as três leis de Newton, que estão relacionadas ao movimento dos corpos, e saber relacioná-las à área automotiva. Assim como entender os fatores que geram, modificam ou interrompem o movimento.

## 4.1 Considerações iniciais

Por que um passageiro em pé em um ônibus pode cair se o motorista acelerar bruscamente? Por que se um ônibus frear bruscamente os passageiros são projetados para frente?

Essas perguntas podem ser explicadas através do estudo da dinâmica, área da física que estuda as relações entre força e movimento. A força resulta da interação entre corpos, quando um corpo aplica uma força em outro pode provocar alteração no movimento do corpo e/ou sua deformação. Por exemplo, quando uma pessoa empurra um automóvel enguiçado, faz com que ele comece a se movimentar.

A dinâmica começou a ser estudada pelo filósofo grego Aristóteles, ele acreditava que para manter um objeto em movimento ao longo de um plano horizontal era necessária a ação de uma força. No entanto, já no século XVII Galileu demonstrou que Aristóteles estava errado, ao provar que se um corpo está em repouso continuará nesse estado até que uma força seja aplicada sobre ele.

Mais tarde o cientista Isaac Newton, tomando como base os estudos de Galileu, formulou o que ficou conhecido como as três leis fundamentais do movimento, conhecidas como as leis de Newton. São elas:

- a) Princípio da inércia ou primeira lei de Newton.
- b) Princípio fundamental da dinâmica ou segunda lei de Newton.
- c) Princípio da ação e reação ou terceira lei de Newton.

## 4.2 Primeira lei de Newton

Retomando as perguntas do início dessa aula “Por que um passageiro em pé em um ônibus pode cair se o motorista acelerar bruscamente? Por que se um ônibus frear bruscamente os passageiros são projetados para frente?”, podemos responde-las utilizando a primeira lei de Newton, que também é conhecida como princípio fundamental da inércia.



A primeira lei de Newton ou **princípio fundamental da inércia** diz que “todo corpo tende a manter seu estado de repouso (velocidade zero) ou movimento retilíneo uniforme (velocidade constante), a menos que uma força atue sobre ele”.

Vamos responder as perguntas:

- a) Por que um passageiro em pé em um ônibus pode cair, para trás, se o motorista acelerar bruscamente?



**Figura 4.1: Ônibus acelera para frente e o passageiro cai para trás**

Fonte: CTISM

- b) Por que se um ônibus frear bruscamente os passageiros são projetados para frente?



**Figura 4.2: Ônibus freia e o passageiro é projetado para frente**

Fonte: CTISM

### Resposta

Ambos os casos são explicados pela primeira lei de Newton, pois quando o ônibus está em movimento retilíneo uniforme, aceleração igual a zero, os passageiros seguem na mesma velocidade do ônibus, quando ele sofre alteração no movimento, os passageiros tendem a manter a velocidade que estavam.

Para primeira questão, quando o motorista acelera a velocidade do ônibus aumenta bruscamente, mais os passageiros tende a manter a velocidade anterior, sendo projetados para traz.

Já na segunda questão, quando o motorista freia a velocidade do ônibus reduz bruscamente, mais os passageiros tende a manter a velocidade anterior, sendo projetados para frente.

### 4.2.1 Referencial de inércia

Os passageiros de um ônibus em movimento estão em movimento?

Isso depende do seu referencial de inércia, que é o referencial sobre o qual analisamos se o corpo está em movimento ou em repouso. Vejamos as respostas a seguir:

Referencial de inércia é o ponto ao qual nos referimos para dizer se um corpo está em movimento ou repouso.



Tomando como referencial de inércia o motorista do ônibus em movimento, podemos dizer que os passageiros estão em repouso, pois a velocidade deles é zero em relação ao motorista. No entanto, esses passageiros estarão em movimento em relação a um poste.

## 4.3 Segunda lei de Newton

A segunda lei de Newton ou **princípio fundamental da dinâmica** define que: A força resultante é proporcional ao produto da massa pela aceleração.

$$F = m \times a$$

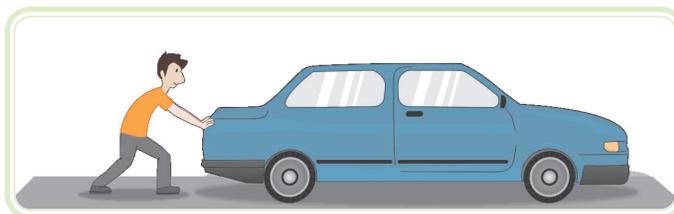
Onde: F = força resultante  
m = massa  
a = aceleração

No Sistema Internacional (SI), a força é expressa em Newton (N), a massa em quilo grama (kg) e a aceleração em metros por segundo ao quadrado (m/s<sup>2</sup>).



### Exemplo

Considerando que uma pessoa empregue uma força de 1 N sobre um carro com massa de 1000 kg, qual será a aceleração desse carro?



**Figura 4.3: Aplicação de força**

Fonte: CTISM

### Resposta

Utilizando a fórmula  $F = m \times a$ , temos:

$$\begin{aligned} F &= m \times a \\ 1 \text{ N} &= 1000 \text{ kg} \times a \\ a &= \frac{1 \text{ N}}{1000 \text{ kg}} \\ a &= 0,001 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

### 4.3.1 Relação da segunda lei de Newton e o peso de um corpo

Você sabia que o peso de uma pessoa na terra é maior que o peso dessa mesma pessoa na lua? Sabe por quê?

Os planetas, satélites ou estrelas, exercem uma força sobre os corpos que estão próximos a eles conhecida como **força peso**. Calculamos a força peso (**P**) utilizando a segunda lei de Newton.

Para isso precisamos lembrar que segundo estudos realizados por Galileu, que chegou a conclusão que, desprezando a resistência do ar, os corpos caem com a mesma aceleração, a qual chamou de **aceleração gravitacional (g)**. Assim temos a seguinte correlação com a segunda lei de Newton:

$$\begin{aligned} F &= m \times a \\ P &= m \times g \end{aligned}$$

### Exemplo

Ao nível do mar a aceleração gravitacional é de aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$  e na lua é aproximadamente  $1,6 \text{ m/s}^2$ . Qual será o peso de um corpo de  $50 \text{ kg}$  ao nível do mar e na lua?

## Resposta

Utilizando a fórmula  $P = m \times g$ , temos:

Ao nível do mar:

$$P = 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$
$$P = 500 \text{ N}$$

Na lua:

$$P = 50 \text{ kg} \times 1,6 \text{ m/s}^2$$
$$P = 80 \text{ N}$$

## 4.4 Terceira lei de Newton

Talvez a terceira lei de Newton seja a mais conhecida de população, pelo menos o seu fundamento. Quem nunca ouviu falar cada ação provoca uma reação? Esse é o princípio básico dessa lei, que também é conhecida como **princípio da ação e reação**.

A terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação diz que se um corpo  $x$  exerce uma força  $F_{xy}$  sobre um corpo  $y$ , o corpo  $y$  exerce uma força  $F_{yx}$  sobre um corpo  $x$ , que tem o mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos.



### Exemplo 1

Um remador empurra a água para trás com o remo, como reação a água empurra a canoa para frente.



**Figura 4.4: Relação ação-reação**

Fonte: CTISM

### Exemplo 2

Quando um veículo colide na traseira de outro veículo danifica a lataria dele, no entanto, essa ação provoca uma reação na qual o veículo que sofreu a batida danifica o que bateu.



Figura 4.5: Relação ação-reação

Fonte: CTISM

## 4.5 Quais são as forças que agem sobre um automóvel?

Quando o automóvel está em movimento existem as seguintes forças atuando sobre ele:

- Força peso ( $P$ ) – é a força de atração da terra.
- Força normal ( $N$ ) – é a reação do solo à compressão que o automóvel exerce sobre ele.
- Força no sentido horizontal para frente ( $F$ ).
- Força de atrito ( $F_{at}$ ), no sentido horizontal para trás.
- Força de resistência do ar ( $F_{rest}$ ), no sentido horizontal para trás, gerada como reação a força de deslocamento no sentido horizontal para frente.

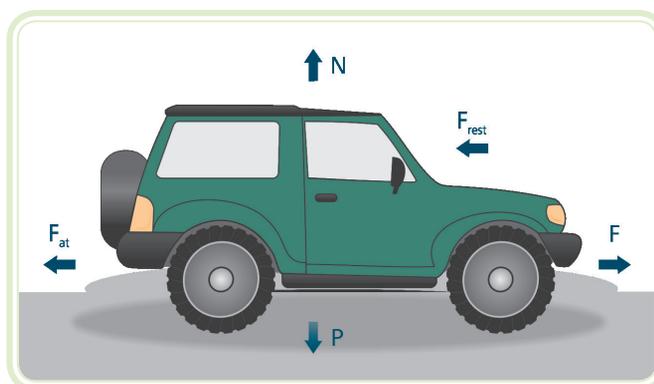


Figura 4.6: Forças que agem sobre um corpo

Fonte: CTISM

## Resumo

Nesta aula aprendemos que o princípio da inércia ou primeira lei de Newton, diz que os corpos tendem a manter seu estado de movimento ou repouso, e que um corpo pode estar em movimento ou repouso dependendo do referencial

inercial. Vimos que o princípio fundamental da dinâmica ou segunda lei de Newton diz que a força resultante é proporcional ao produto da massa pela aceleração. Assim como o peso de um corpo é igual ao produto da massa pela aceleração gravitacional.

Aprendemos que a terceira lei de Newton ou princípio da ação e reação diz que a toda força de ação existe uma de reação com mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Por fim aprendemos que sobre um automóvel agem a força peso ( $P$ ), força normal ( $N$ ), uma força ( $F$ ), força de atrito ( $F_{at}$ ) e força de resistência do ar ( $F_{rest}$ ).

## Atividades de aprendizagem



1. O cinto de segurança é um importante item de segurança nos automóveis, ele evita que os corpos dos passageiros sejam projetados para frente no caso de freadas bruscas. Esse item está ligado a qual das leis citadas abaixo:

- a) Lei de Dalton.
- b) Primeira lei de Newton.
- c) Segunda lei de Newton.
- d) Lei de Murphy.

2. Considerando a primeira lei de Newton, podemos afirmar:

I - Se uma mola fosse jogada para cima e não existisse nenhuma força atuando sobre ela, a tendência era que ela subisse indefinidamente, até surgir alguma força que modificasse o movimento.

II - Se não existir nenhuma força atuando sobre um corpo ele ficará constantemente em repouso.

III - Inércia é a tendência dos corpos a continuar em repouso.

Podemos dizer que está(ão) correta(s):

- a) Apenas a afirmativa II.
- b) As afirmativas II e III.

- c) Apenas a afirmativa I.
  - d) Todas estão corretas.
3. Considerando o conceito de referencial inercial, podemos dizer que:
- a) A lua está em repouso em relação a um observador na terra.
  - b) A terra está em movimento em relação a uma árvore.
  - c) A terra está em movimento em relação a um carro em movimento.
  - d) O motorista de um táxi em movimento está em repouso em relação ao passageiro.
4. A lei que explica por que quanto mais pessoas empurrarem um automóvel enguiçado, mais rapidamente ele irá adquirir a aceleração adequada para partida é a:
- a) Primeira lei de Newton.
  - b) Segunda lei de Newton.
  - c) Terceira lei de Newton.
  - d) Lei de Hess.
5. Um corpo com massa igual a 5 kg é submetido, na terra, a uma aceleração gravitacional de  $10 \text{ m/s}^2$ . O peso dela em N será:
- a) 10
  - b) 25
  - c) 30
  - d) 40
  - e) 50

6. Uma pessoa com peso igual 80 N na terra, vai para um planeta que tem aceleração gravitacional igual a  $20 \text{ m/s}^2$ . A massa dela nesse planeta em kg será de: (A aceleração gravitacional na terra igual a  $10 \text{ m/s}^2$ )

a) 2,05

b) 3,00

c) 4,00

d) 4,50

e) 8,00

7. Se um corpo provocar uma força sobre outro corpo, sofrerá uma força de reação desse corpo de igual módulo e direção e sentidos opostos. Isso é explicado pela:

a) Primeira lei de Kepler.

b) Primeira lei de Newton.

c) Segunda lei de Newton.

d) Terceira lei de Newton.

e) Lei de Ohm.

8. Relacione a primeira com a segunda coluna.

(A) Primeira lei de Newton

( ) Para toda força de ação existe uma de reação com mesma intensidade e direção, mas com sentido oposto.

(B) Segunda lei de Newton

(C) Terceira lei de Newton

( ) Quanto maior a força aplicada sobre um mesmo corpo, maior será sua aceleração.

( ) Se não existir nenhuma força agindo sobre um corpo, ele tende a manter seu estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme.

9. Assinale a alternativa correta:

- a) A força peso possui sentido vertical para cima.
- b) A direção da força peso é horizontal.
- c) A força normal é uma força de reação à força peso.
- d) A força normal apresenta o mesmo sentido da força peso.

10. Podemos afirmar que sobre um automóvel em movimento, além da força peso e da normal, atuam as seguintes forças:

I - Força no sentido horizontal para frente (F).

II - Força de empuxo.

III - Força de atrito.

IV - Força de resistência do ar.

Estão corretas as alternativas:

- a) II e III somente.
- b) I, II e III somente.
- c) I, II e IV somente.
- d) Todas estão corretas.

# Aula 5 – Mecânica dos fluidos

## Objetivos

Compreender o que é **fluido**, os conceitos de densidade, viscosidade e pressão a ele relacionados. Também deverá compreender o Princípio de Pascal, assim como relacionar esses conhecimentos à área automotiva.

A-Z

**fluido**

É qualquer substância que pode fluir ou escoar.

## 5.1 Considerações iniciais

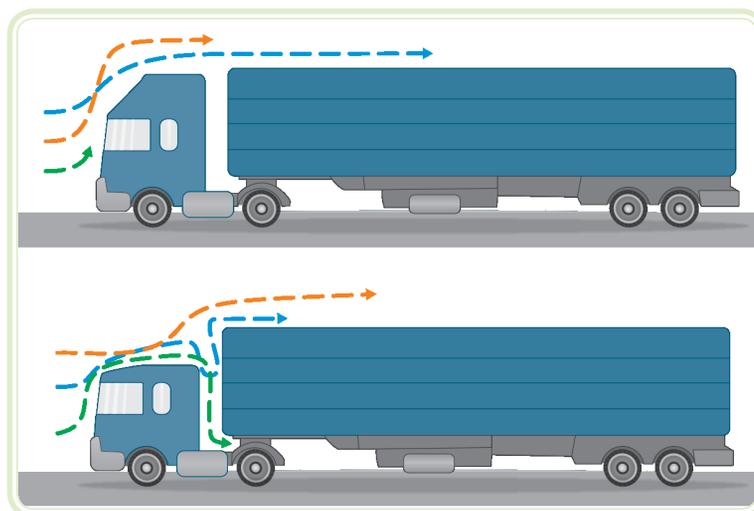
Mecânica dos fluidos é a área da física que estuda o comportamento físico dos fluidos e as leis que regem seu comportamento.

Inicialmente é importante lembrar as características dos fluidos, que são os líquidos e os gases.

- **Líquidos** – tem volume definido e não é compressível.
- **Gases** – não tem volume definido, ocupando toda área do recipiente onde está contido, e é compressível.

Na área automotiva o conhecimento da mecânica dos fluidos é fundamental, pois nos automóveis existem diversos líquidos e gases fundamentais para o bom funcionamento dos automóveis.

Na concepção do projeto de um automóvel deve ser levada em consideração a aerodinâmica para se definir a capacidade dele superar a resistência do ar. A aerodinâmica afeta o desempenho, estabilidade e consumo do automóvel. Um exemplo da importância desse estudo pode ser exemplificado no uso do aerofólio nos caminhos de carga, o que, entre outros benefícios, reduz o consumo de combustível e o desgaste dos pneus.



**Figura 5.1: Representação do deslocamento de automóveis diferentes em um fluido (ar)**  
Fonte: CTISM

Existem algumas propriedades que devem ser consideradas no estudo da mecânica dos fluidos, são elas: densidade, viscosidade e pressão.

## 5.2 Densidade

No cotidiano vemos muitos exemplos da importância da densidade como propriedade específica dos materiais. Ela explica o fato do óleo ficar sobre a água e não ao contrário, um grande transatlântico flutuar e uma pequena esfera de chumbo afundar, entre tantas outras coisas.

A densidade de um corpo é a razão da massa desse corpo ( $m$ ), em grama ( $g$ ), pelo seu volume ( $v$ ), em  $cm^3$ .

$$d = \frac{m}{v}$$

### Exemplo

A uma temperatura de  $25^\circ C$  e pressão de 1 atm, temos as seguintes densidades para algumas substâncias:

Etanol –  $0,787 \text{ g/cm}^3$

Metanol –  $0,791 \text{ g/cm}^3$

Ácido acético (vinagre) –  $1,052 \text{ g/cm}^3$

Cloro –  $1,560 \text{ g/cm}^3$

Madeira – 0,701 g/cm<sup>3</sup>

Água do mar – 1,028 g/cm<sup>3</sup>

Água doce – 1,00 g/cm<sup>3</sup>

Observe que a densidade de um material depende da temperatura, isso por que o aumento da temperatura tende a dilatar os materiais e a redução da temperatura tende a contrair. Uma das poucas exceções nesse caso é a água, que aumenta o volume no processo de solidificação, na faixa de temperatura de 4°C-0°C. Se um material dilata, mantendo sua massa, teremos um aumento do volume para uma mesma massa, isso faz a densidade diminuir.

### 5.3 Viscosidade

A viscosidade é a propriedade de um fluido que se refere a sua capacidade de fluir, escorrer. Se compararmos a viscosidade da água a do óleo, veremos que a água escorre mais facilmente que o óleo, por isso podemos dizer que a água é menos viscosa que o óleo.

A viscosidade é inversamente proporcional à temperatura, isso significa quanto maior a temperatura, menor será a viscosidade.

Na área automotiva, saber a viscosidade dos óleos lubrificantes é fundamental, pois dependendo das características de cada peça, ela deve ser maior ou menor. O óleo lubrificante cria uma película nas peças por onde passa, que deve ser mantida constantemente.

Como exemplo da importância da escolha adequada do óleo lubrificante, podemos citar algumas características dos motores que devem ser levadas em consideração na escolha do lubrificante, entre elas temos:

- **Velocidade** – quanto maior for a rotação do motor menor deve ser a viscosidade do óleo, isso facilita o movimento.
- **Pressão** – a viscosidade o lubrificante é diretamente proporcional a carga do motor, quanto maior for a carga maior deve ser viscosidade.
- **Temperatura** – como a viscosidade é inversamente proporcional a temperatura, quando o motor está muito quente a película lubrificante pode ser rompida, danificando as peças, por isso é fundamental ter um óleo

que em altas temperaturas mantenha uma boa viscosidade, assim como em baixas temperaturas não fique com excessiva viscosidade.

## 5.4 Pressão

Você sabia que vivemos sob pressão? Pois é, estamos sobre a ação da pressão atmosférica, que ao nível do mar é igual a 1 atm.

Bem, pressão é a força resultante que age sobre uma unidade de área de um objeto.



**Figura 5.2: Representação da pressão**

Fonte: CTISM



Pressão é a força que age sobre um objeto, dividida pela área do objeto.

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

Onde:  $P = \text{N/m}^2$  que é igual a pascal (Pa)

$F = \text{N}$

$A = \text{m}^2$

Nosso exemplo da aplicação do conhecimento sobre pressão na área automotiva é a necessidade da correta calibração dos pneus. Isso pode ser observado nas recomendações de calibração que são apresentadas no manual do proprietário, disponibilizados pelas montadoras. Cada montadora indica quais são as pressões recomendadas para cada determinada quantidade de passageiros ou de carga. Isso mostra que a pressão dos pneus deve ser suficiente para suportar a pressão exercida sobre eles.

Além da unidade  $\text{N/m}^2$  ou Pa, podem ser usadas as seguintes unidades:

- Atmosfera (atm).

- Torricelli (torr).
- Quilograma-força por centímetro quadrado ( $\text{kgf/cm}^2$ ).
- Libra por polegada quadrada ( $\text{lb/in}^2$ ) chamada também psi (*pound per square inch*).
- Bar.
- Milímetro de mercúrio (mmHg).

Temos o Quadro 5.1 de conversão de pressão:

Quadro 5.1: Conversão de unidades – pressão				
	atm	psi (lbf/in <sup>2</sup> )	kgf/cm <sup>2</sup>	bar
atm	1	14,6959	1,033	1,01325
psi (lbf/in <sup>2</sup> )	0,068	1	0,07031	0,06895
kgf/cm <sup>2</sup>	0,96778	14,2234	1	0,98
bar	0,9869	14,5	1,02	1
mmHg (Torricelli)	0,001315789	0,01933677	0,00135951	0,001333224
mH <sub>2</sub> O	0,09678	1,42234	0,1	0,0980872
in.Hg	0,03342	0,49119	0,03453	33900
pascal (Pa)	9,869E-06	0,000145038	1,02E-05	0,00001
	mmHg (Torricelli)	mH <sub>2</sub> O	in.Hg	pascal (Pa)
atm	760	10,33	29,92	101325
psi (lbf/in <sup>2</sup> )	51,71	0,70307	2,04	6894,8
kgf/cm <sup>2</sup>	735,514	10	28,9572	98066,5
bar	750,061	10,195	29,53	10000
mmHg (Torricelli)	1	0,0136	0,03937	133,3224
mH <sub>2</sub> O	73,5514	1	2,89572	9803,1176
in.Hg	25,4	0,34534	1	3386,5
pascal (Pa)	0,007500617	0,0001	0,000295	1

Fonte: <http://ovaleamazonico.blogspot.com.br/2013/05/tabela-de-conversao-de-unidades-de.html>

### Exemplo

Sabendo que a pressão atmosférica (atm) ao nível do mar é 1 atm, ao calibrar um pneu em 30 psi ele ficará com uma pressão maior ou menor que a pressão ambiente?

### Resposta

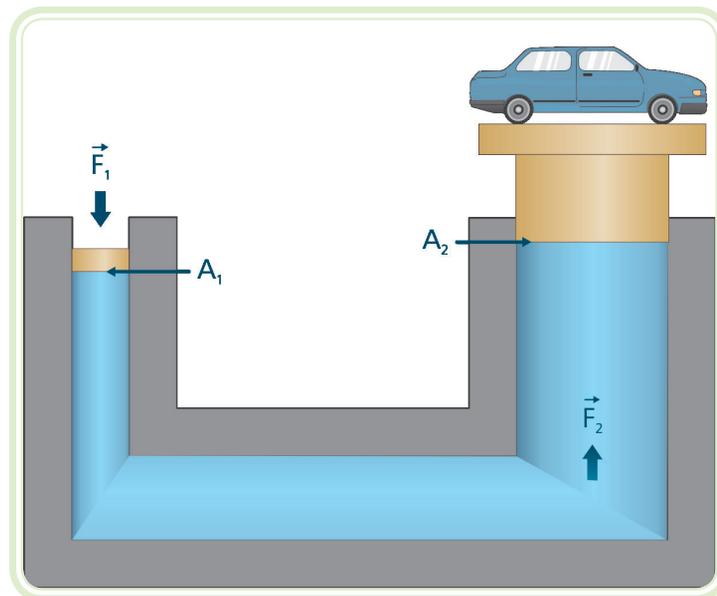
Utilizando o Quadro 5.1 observamos que 1 psi equivale a 0,068 atm, fazendo uma regra de três teremos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ psi} &= 0,068 \text{ atm} \\ 30 \text{ psi} &= x \\ X &= 2,04 \text{ atm} \end{aligned}$$

Logo temos que a pressão no pneu será maior que a pressão ambiente.

## 5.5 Princípio de Pascal

Você já observou o funcionamento de um elevador hidráulico, daqueles que existem em oficina automotiva e em posto de combustível? Vejamos uma representação da sua estrutura:

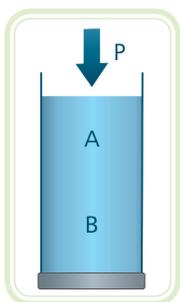


**Figura 5.3: Elevador hidráulico**

Fonte: CTISM

O elevador hidráulico é baseado nos estudos de Blaise Pascal (1623-1662), filósofo, físico e matemático francês. Pascal concluiu que o acréscimo de pressão em um líquido homogêneo e em repouso, transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido.

Por exemplo, se em um tubo fechado em uma extremidade, aplicarmos uma pressão de  $0,1 \text{ N/m}^2$  na extremidade oposta, todos os pontos do líquido sofrerão o mesmo acréscimo de pressão. Considerando que os pontos A e B possuíam pressão de  $0,3 \text{ N/m}^2$  e  $0,6 \text{ N/m}^2$ , respectivamente, passarão a ter pressões de  $0,4 \text{ N/m}^2$  e  $0,7 \text{ N/m}^2$ .



**Figura 5.4: Distribuição da pressão entre dois pontos**

Fonte: CTISM

Lembrando que pressão é a razão da força sobre a área e considerando o conceito da hidrostática que a pressão aplicada em um ponto de um líquido homogêneo transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido, temos:

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

### Exemplo

Considerando a Figura 5,3, qual é a força  $F_1$  que deve ser aplicada sobre a área  $A_1$  com área de  $20 \text{ cm}^2$ , para iniciar a elevação do carro com massa de  $1000 \text{ kg}$ , que esta sobre uma plataforma no ponto  $A_2$  com área de  $2000 \text{ cm}^2$ ?

### Resposta

$F_1 =$  o que procuramos

$A_1 = 20 \text{ cm}^2$

$F_2 = ?$

$A_2 = 2000 \text{ cm}^2$

Podemos saber a força  $F_2$  aplicada pelo carro sobre a área  $A_2$ , pois:

$$F = m \times g$$

Onde:  $m = 1000 \text{ kg}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

Logo:

$$F_2 = 10 \times 1000 = 10.000 \text{ N}$$
$$F_2 = 10.000 \text{ N}$$

Assim temos:

$$F_1 = 10.000 \text{ N}$$
$$20 \text{ cm}^2 = 2000 \text{ cm}^2$$
$$F_1 = 100 \text{ N}$$

Se aplicarmos uma força de 100 N estaremos igualando a força  $F_1$  a  $F_2$ , qualquer força em  $F_1$  maior que 100 N será suficiente para elevar o veículo em  $F_2$ .

### Observação

Podemos encontrar a massa necessária para igualar a força  $F_1$  a  $F_2$  utilizando a fórmula:

$$F = m \times g$$

Onde:  $F_1 = 100 \text{ N}$

$m =$  o que procuramos

$g = 10 \text{ m/s}^2$

Logo:

$$100 = m \times 10$$
$$m = 10 \text{ kg}$$

### Resposta

Qualquer massa acima de 10 kg será suficiente a iniciar a elevação do carro.

## Resumo

Nesta aula aprendemos que mecânica dos fluidos é a área da física que estuda o comportamento físico dos fluidos e as leis que regem seu comportamento, que são os líquidos e os gases. Na área automotiva esse conhecimento é fundamental, pois ele é útil desde a concepção do projeto de um automóvel que deve ser levada em consideração a aerodinâmica para se definir a capacidade dele superar a resistência do ar.

A densidade, viscosidade e pressão, são algumas propriedades que devem ser consideradas no estudo da mecânica dos fluidos. A densidade de um

corpo é a razão da massa desse corpo ( $m$ ), em grama ( $g$ ), pelo seu volume ( $v$ ), em  $\text{cm}^3$ , a viscosidade é a propriedade de um fluido que se refere a sua capacidade de fluir, escorrer, e a pressão é a força que age sobre um objeto, dividida pela área do objeto. Por fim aprendemos que a o princípio de Pascal é o fundamento que explica o funcionamento de um elevador hidráulico.

## Atividades de aprendizagem



1. Considerando o conceito de fluido, podemos dizer que são fluidos:
  - a) Água, óleo e madeira.
  - b) Óleo, oxigênio e gasolina.
  - c) Gelo, hidrogênio e madeira.
  - d) Gelo, madeira e rocha.
  
2. Se colocarmos água, óleo e areia em um recipiente haverá formação de três fases onde o material mais denso fica no fundo. Sobre essa afirmativa podemos dizer que:
  - a) O óleo fica no fundo do recipiente, pois é mais denso que a água e a areia.
  - b) A água fica no fundo do recipiente, pois é mais densa que o óleo e a areia.
  - c) A areia fica no fundo do recipiente, pois é menos densa que o óleo e a água.
  - d) A areia fica no fundo do recipiente, pois é mais densa que o óleo e a água.
  
3. Para uma boa escolha do óleo lubrificante algumas características dos motores devem ser levadas em consideração, entre elas podemos afirmar:
  - a) Quanto maior for a rotação do motor maior deve ser a viscosidade do óleo.
  - b) Quanto maior for a pressão no motor maior deve ser a viscosidade.

- c) É fundamental ter um óleo que em altas temperaturas a viscosidade diminua.
- d) Não a relação direta entre a viscosidade do óleo e o tipo do motor.
4. Sabendo que a pressão atmosférica (atm) ao nível do mar é 1 atm, ao calibrar um pneu em 33 psi ele ficará com uma pressão maior que a pressão ambiente. Esta pressão será de: (1 psi equivale a 0,068 atm)
- a) 1,00 atm.
- b) 1,24 atm.
- c) 2,24 atm.
- d) 3,24 atm.
5. Considerando o princípio de Pascal, se em um recipiente com um fluido que tem dois pontos com pressões 0,6 e 0,8, for aplicada uma força de 0,2 N, a pressão nesses pontos após aplicação dessa força será, respectivamente:
- a) 0,3 e 0,4.
- b) 0,8 e 1,0.
- c) 1,0 e 0,8.
- d) 1,2 e 1,6.
6. Considerando a Figura 5,3, a força  $F_1$  que deve ser aplicada sobre a área  $A_1$  com área de  $20 \text{ cm}^2$ , para iniciar a elevação um carro com massa de 850 kg, que esta sobre uma plataforma no ponto  $A_2$  com área de  $2500 \text{ cm}^2$ , deve ser de:
- a) 29 N.
- b) 45 N.
- c) 68 N.
- d) 90 N.

7. Ainda considerando a Figura 5,3, se fosse possível utilizar a aplicação de pesos em um elevador hidráulico para elevar um automóvel com massa de 1500 kg, sabendo que a área  $A_1$  tem  $10 \text{ cm}^2$  e  $A_2$  tem  $2000 \text{ cm}^2$ . A massa colocada em  $A_1$  para iniciar a elevação do automóvel deveria ser de:
- a) 7,5 kg.
  - b) 50 kg.
  - c) 75 kg.
  - d) 150 kg.



# Aula 6 – Tópicos de termologia

## Objetivos

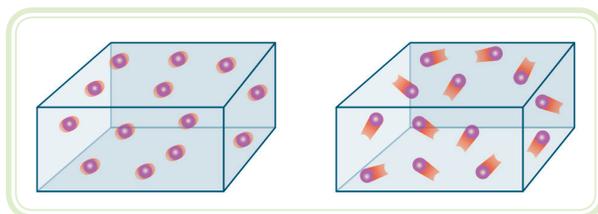
Compreender o que é dilatação térmica, capacidade térmica e poder calorífico.

Compreender as formas de propagação de calor e as propriedades básicas dos gases.

## 6.1 Considerações iniciais

Termologia é a área da física que estuda os fenômenos relacionados ao calor, que vai desde o aquecimento de um corpo até a mudança de estado. É comum confundir calor com temperatura, vejamos as definições:

- **Calor** – é o fluxo de energia entre os corpos.
- **Temperatura** – é o grau de agitação das moléculas ou átomos de um corpo.



**Figura 6.1: Diferença de agitação dos átomos ou moléculas**

Fonte: CTISM

Não medimos o calor de um corpo, podemos aferir o nível do fluxo de energia (calor) analisando a alteração do nível da agitação das moléculas ou átomos dos corpos envolvidos. Essa medida da agitação nos fornece a energia do corpo através de escalas específicas de temperatura, dentre as quais, são as mais comuns: Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

Existem três formas de propagação de calor, condução, convecção e radiação. Em ambas, um material perde energia enquanto outro ganha. Quando um corpo ganha energia, seus átomos ou moléculas aumentam a agitação

provocando a dilatação do corpo, no entanto, o corpo que perde energia tende a sofrer contração, devido à redução a agitação dos seus constituintes.

## 6.2 A medida da temperatura

O que possibilitou a criação de instrumentos de medição de temperatura, foi a propriedade de algumas substâncias sofrerem expansão ou contração com o aumento ou redução da temperatura, respectivamente, essas substâncias são chamadas de termométricas. Entre essas substâncias se destaca o mercúrio, que é uma das mais utilizadas nos termômetros de vidro.

O termômetro é o equipamento que serve para medir a temperatura. Ele é construído utilizando substâncias termométricas ou materiais bastante sensíveis a variação de temperatura, baseado em uma escala termométrica, que entre as mais conhecidas estão a **Celsius**, **Kelvin** e **Fahrenheit**.

- **Escala Celsius** – utiliza como referência de  $0^{\circ}\text{C}$  a temperatura de congelamento da água e de  $100^{\circ}\text{C}$  a temperatura de ebulição da água, ambas sob pressão normal.
- **Escala Fahrenheit** – utiliza como referência de  $0^{\circ}\text{F}$  a temperatura de uma mistura de gelo e cloreto de amônia e de  $100^{\circ}\text{F}$  a temperatura do corpo humano.

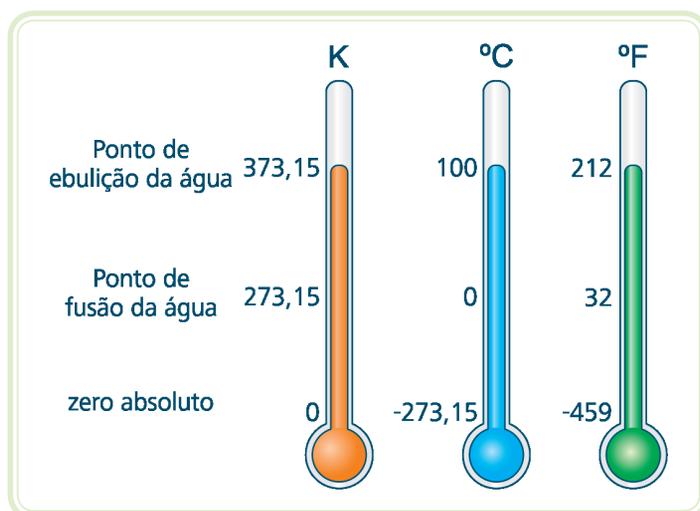
Para fins de conversão da temperatura em **Celsius para Fahrenheit**, consideramos a relação:

$$\begin{aligned}0^{\circ}\text{C} &= 32^{\circ}\text{F} \\ 100^{\circ}\text{C} &= 212^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

- **Escala Kelvin ou escala absoluta** – utiliza como referência de  $0\text{K}$  a temperatura do menor estado de agitação de qualquer molécula. Para essa escala não se utiliza o termo “grau ( $^{\circ}$ )”.

Para fins de conversão da temperatura em **Celsius para Kelvin**, consideramos a relação:

$$\begin{aligned}-273^{\circ}\text{C} &= 0\text{K} \\ 0^{\circ}\text{C} &= 273\text{K} \\ 100^{\circ}\text{C} &= 373\text{K}\end{aligned}$$



**Figura 6.2: Principais escalas termométricas**

Fonte: CTISM

## 6.3 A medida do calor

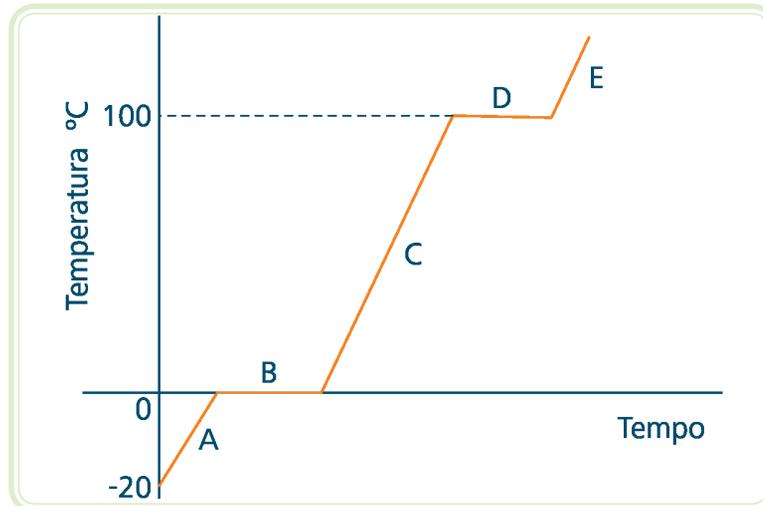
Inicialmente vamos lembrar que calor não é uma propriedade e sim a energia em fluxo. Quando um material entra em contato com outro que possui menor temperatura, por exemplo, poderá ocorrer uma transferência de energia na forma de calor.

Podemos medir o calor, ou a quantidade de energia que fluiu, de forma indireta, pois sabemos que um material irá sofrer redução de temperatura e outro terá sua temperatura elevada. Dependendo da quantidade de calor que um corpo recebe, pode ocorrer apenas a alteração de temperatura; nesse caso o calor recebido é chamado de calor sensível. Se acarretar uma mudança de estado físico, o calor recebido pelo corpo é chamado calor latente.

- **Calor sensível** – é quando o corpo apenas aumenta a temperatura.
- **Calor latente** – quando o corpo muda de estado físico.

### Exemplo

Considerando a água no estado sólido, quanto mais calor ela receber maior vai ficando sua energia, até chegar aos  $0^{\circ}\text{C}$  onde ela começa a passar do estado sólido para o líquido. Se continuamos fornecendo energia na forma de calor, sua temperatura vai aumentando até chegar aos  $100^{\circ}\text{C}$ , onde ela passa do estado líquido para o sólido. O calor fornecido para elevar a temperatura é o calor sensível e para mudar de estado é o calor latente.



**Figura 6.3: Gráfico da variação de calor**

Fonte: CTISM

A, C e E – calor sensível.

B e D – calor latente.

## 6.4 Capacidade térmica

Toda substância precisa receber a mesma quantidade de calor para aumentar a temperatura?

Cada substância precisa receber uma determinada quantidade de calor para poder aumentar a temperatura. Para determinar qual é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura do corpo devemos considerar sua capacidade térmica, que é a quantidade de calor que um corpo precisa ganhar ou perder para alterar sua temperatura em 1°C.

A capacidade térmica é o quociente entre a quantidade de calor recebida e a variação de temperatura que ocorre no corpo:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Onde: C = capacidade térmica (cal/°C)

Q = quantidade de calor recebida (cal)

$\Delta T$  = variação de temperatura (°C)

Quando queremos saber qual é a quantidade de calor que um grama de uma substância precisa ganhar ou perder para sofrer uma variação de temperatura

em 1°C, utilizamos o calor específico, que é o quociente entre a capacidade térmica e a massa da substância.

$$c = \frac{C}{m}$$

Onde:  $c$  = calor específico (cal/g.°C)

$C$  = capacidade térmica (cal/°C)

$m$  = massa (g)

## 6.5 Propagação de calor

Existem três formas de propagação do calor, são elas: condução, convecção e radiação.

### 6.5.1 Propagação de calor por condução

Ocorre pelo contato direto entre dois corpos, nesse contato as moléculas do corpo com maior energia, mais quente, colidem com as do corpo com menor energia, ocorrendo assim a transferência de energia por condução.

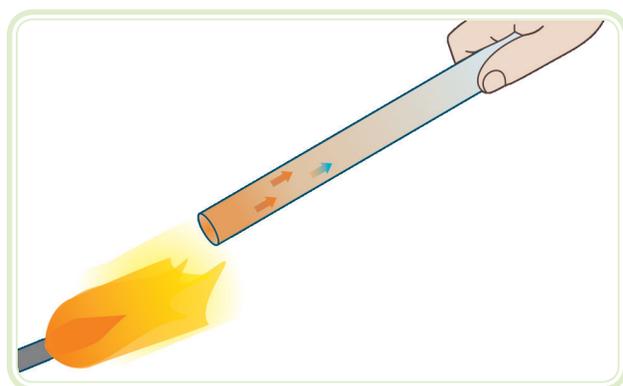


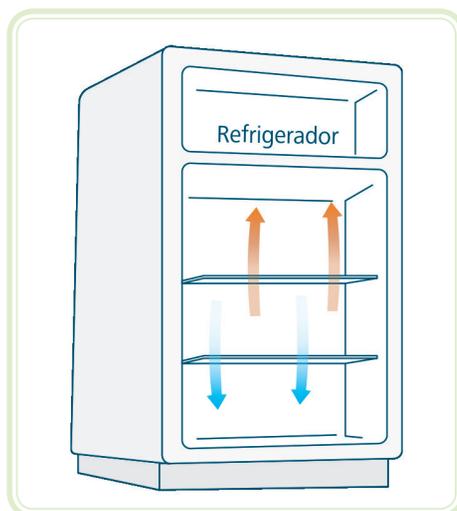
Figura 6.4: Propagação de calor por condução

Fonte: CTISM

### 6.5.2 Propagação de calor por convecção

Ocorre nos fluidos, líquidos e gases, onde as moléculas mais quentes se expandem e sobem fazendo as mais frias descerem, isso gera um fluxo de moléculas nos fluidos.

Nas geladeiras ocorre esse tipo de transferência de calor, por isso normalmente a parte mais fria, congelador, fica na parte mais elevada. Nela o ar que está na parte de baixo fica mais quente e sobe, fazendo o que está na parte de cima descer, com isso é gerada uma corrente de ar, onde o calor flui por convecção.

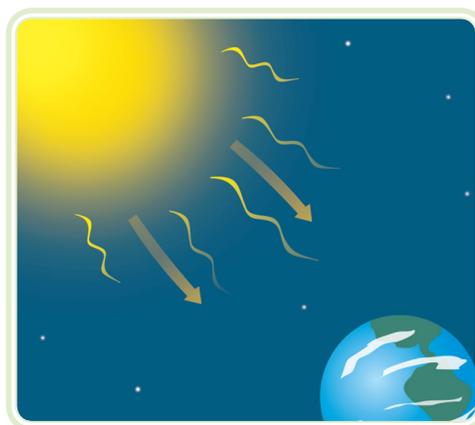


**Figura 6.5: Propagação de calor por convecção**

Fonte: CTISM

### 6.5.3 Propagação de calor por radiação

Ocorre quando o calor é transmitido por ondas eletromagnéticas. Nesse caso não é necessário que haja contato entre os corpos para acontecer a transferência de calor, ou seja, esse tipo de propagação pode ocorrer no vácuo. Um exemplo disso é o fato da terra, mesmo estando muito distante do sol, ser aquecida pelo efeito da radiação solar.



**Figura 6.6: Propagação de calor por radiação**

Fonte: CTISM

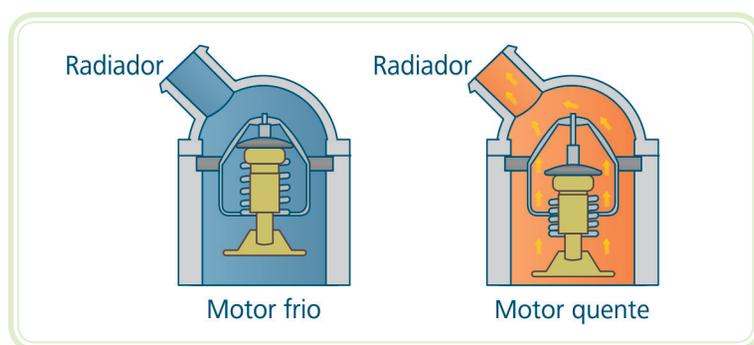
## 6.6 Dilatação térmica dos sólidos e líquidos

Toda substância, em temperatura ambiente tem um certo nível de agitação das moléculas ou átomos, isso faz com que os sólidos e líquidos possuam um determinado volume em temperatura ambiente. No entanto, quando a temperatura aumenta ou diminui a substância pode sofrer dilatação ou contração, respectivamente.

Na dilatação, devido ao aumento da energia, a agitação das moléculas aumenta, fazem os espaços entre elas aumentar. Já na contração, as moléculas ficam menos agitadas, devido a diminuição da energia, passando a ocupar um espaço menor.

A água, uma exceção a essa regra, pois quando a temperatura fica inferior a 4°C ela sofre dilatação. Isso ocorre por que as moléculas de água adquirem uma estrutura cristalina que faz seu volume aumentar.

A propriedade de dilatação dos líquidos é utilizada na estrutura do termômetro de mercúrio, como vimos na Aula 5. Na área automotiva, essa propriedade é utilizada na válvula termostática, que é uma peça que impede a passagem do fluido de arrefecimento quando o motor está frio, mas quando o motor aquece, uma cera que fica no interior do termostato se expande, empurrando uma haste que abre a passagem do líquido para o motor.



**Figura 6.7: Dilatação térmica no termostato**

Fonte: CTISM

## 6.7 Estudo dos gases

Na Aula 1 aprendemos que existem três grandezas que determinam o estado de um gás, são elas: pressão (P), temperatura (T) e volume (V). Essas grandezas são chamadas de variáveis de estado. Para uma determinada massa sofrer alteração é necessário que pelo menos uma dessas variáveis sofra alteração. Isso pode ser analisado observando a equação de Clapeyron, que é a equação dos gases perfeitos:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Onde: P = pressão (atm)

V = volume (dm<sup>3</sup> ou L)

n = número de mols do gás (mol)

R = constante dos gases perfeitos (0,082057 atm.dm<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> ou 8,314 J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>)

T = temperatura (K)

Considerando que estamos trabalhando com uma mesma porção de gás, ou seja, número de mol (n) constante, podemos reescrever a equação da seguinte forma:

$$n \times R = \frac{P \times V}{T}$$

Quando essa porção de gás sofre alguma alteração nR permanece constante, podemos então representar como:

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

Podemos concluir que quando a pressão varia deve ocorrer alteração no volume ou na temperatura, para que n × R permaneça constante.

### Exemplo

Um motorista calibra o pneu em 30 psi, a uma temperatura de 20°C, depois de rodar por uma hora, a temperatura do pneu chega a 25°C. Qual é o valor da pressão do ar dentro do pneu após esse tempo, considere o ar no pneu como um gás ideal e que a alteração do volume foi desprezível?

### Resposta

$$\begin{aligned} \frac{P_1 \times V_1}{T_1} &= \frac{P_2 \times V_2}{T_2} \\ \frac{30 \times V}{20} &= \frac{x \times V}{25} \\ x &= \frac{30 \times 25}{20} \\ x &= 37,5 \text{ psi} \end{aligned}$$

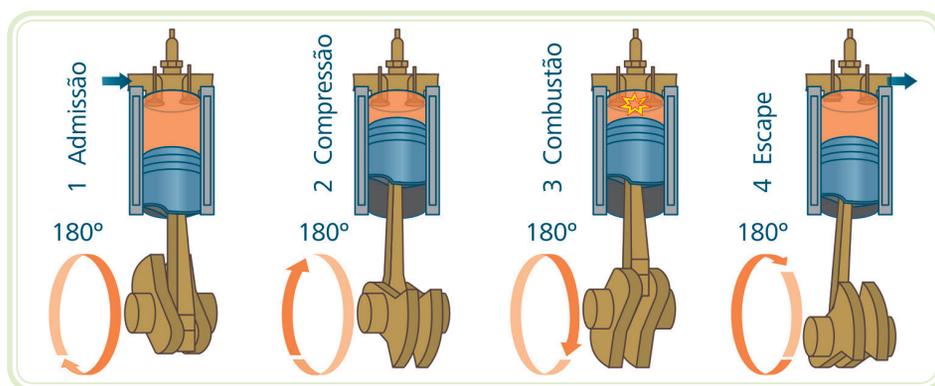
Observe que isso não ocorre na prática por que o pneu não é hermeticamente fechado, havendo perda de gás com o tempo.



### 6.7.1 Aplicação do estudo dos gases no motor de quatro tempos

O motor de quatro tempos, utilizado para gasolina, álcool ou gás, é um exemplo de aplicação do estudo dos gases. Nele pode ser observado que quando uma determinada massa de gás é comprimida, diminuindo assim o volume ( $V$ ), sua pressão ( $P$ ) e temperatura ( $T$ ) aumentam. Esse aumento da temperatura e pressão podem levar a detonação, que estudamos na Aula 3.

Vamos observar agora como funciona esse tipo de motor:



**Figura 6.8: Funcionamento do motor de quatro tempos**

Fonte: CTISM

No **1º tempo** ocorre a admissão do ar através da descida do pistão, criando um vácuo no interior do cilindro. Neste momento entra a mistura ar e combustível no cilindro pela abertura da válvula de admissão, no entanto a válvula de escape permanece fechada. Nesse momento a pressão da mistura de ar e combustível é a pressão atmosférica.

No **2º tempo** as válvulas de admissão e escape ficam fechadas e o pistão sobe comprimindo a mistura ar-combustível. Com a redução do volume a pressão e a temperatura aumentam.

No **3º tempo** ocorre uma explosão devido a faísca gerada pela vela, neste momento a temperatura aumenta bruscamente devido combustão da mistura ar-combustível, a pressão também aumenta, devido a geração de gases na combustão, isso impulsionam o pistão para baixo.

No **4º tempo** a válvula de escape é aberta e o pistão sobe, expulsando os gases gerados na combustão e fazendo a pressão interna cair para próximo da pressão atmosférica. Por fim o sistema está pronto para recomençar o ciclo.

## Resumo

Nesta aula aprendemos que o **calor** é o fluxo de energia entre os corpos e a **temperatura** é o grau de agitação dos átomos ou moléculas de um corpo. A temperatura é medida através de escalas específicas, dentre as quais, as mais comuns são a **Celsius, Kelvin e Fahrenheit**. Aprendemos também que o calor pode se propagar por condução, convecção e radiação. Em ambas, um material perde energia enquanto outro ganha. Aprendemos também que dependendo da mudança que o calor provoque no corpo ele é classificado como calor sensível, quando o corpo apenas aumenta a temperatura, e calor latente, quando muda de estado físico. Quando a temperatura aumenta ou diminui a substância pode sofrer dilatação ou contração, respectivamente.

Aprendemos ainda que cada substância precisa receber uma determinada quantidade de calor para poder alterar a temperatura em um grau, isso é chamado de **capacidade térmica**. Também aprendemos que calor específico é o quociente entre a capacidade térmica e a massa da substância. Por fim aprendemos que o estudo dos gases é bastante relevante para o funcionamento do motor de quatro tempos, nele é utilizado o aumento ou diminuição da pressão, alterando o volume e a temperatura, para possibilitar o funcionamento do motor.



## Atividades de aprendizagem

1. Calor pode ser definido como:
  - a) É a temperatura de um corpo.
  - b) É o fluxo de energia, de um sistema com maior energia para outro com menos energia.
  - c) É o que diz se um corpo está quente ou frio.
  - d) É a transferência de energia de um corpo mais frio para o mais quente.

2. Uma pessoa deixa uma colher metálica sobre uma panela quente, o que ocorre com a colher:
- a) Aquece por radiação.
  - b) Transfere energia para panela.
  - c) Aquece por convecção.
  - d) Aquece por condução.
3. Quando um carro fica exposto ao sol por certo período, pode ser observado que sua lataria aquece significativamente. Esse aquecimento ocorre por:
- a) Convecção, devido a energia solar.
  - b) Condução, devido a transferência de energia da terra.
  - c) Radiação, devido a transferência de energia solar.
  - d) Condução, devido a transferência de energia solar.
4. Uma placa de zinco está exposta por muito tempo ao sol, um pessoa distraída toca nela e sofre uma leve queimadura. Os tipos de transferências de energia que ocorreram desde o aquecimento do zinco à queimadura são:
- a) Condução e convecção.
  - b) Radiação e convecção.
  - c) Convecção e irradiação.
  - d) Radiação e condução.
5. Um turista brasileiro está nos Estados Unidos, onde é utilizada a escala Fahrenheit para medir a temperatura. Ele observa que a temperatura local está em 33°F. Ele deve utilizar agasalho?

- a) Não, pois a temperatura está em  $33^{\circ}\text{C}$ .
- b) Não, pois a temperatura está acima de  $30^{\circ}\text{C}$ .
- c) Sim, pois a temperatura está em  $2^{\circ}\text{C}$ .
- d) Não, pois a temperatura está em  $2^{\circ}\text{C}$ .
6. Um corpo com massa igual a 200 g, precisou de 1200 calorias para variar a temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  para  $55^{\circ}\text{C}$ . A capacidade térmica desse corpo é de:
- a) 4 cal/ $^{\circ}\text{C}$ .
- b) 40 cal/ $^{\circ}\text{C}$ .
- c) 60 cal/ $^{\circ}\text{C}$ .
- d) 120 cal/ $^{\circ}\text{C}$ .
7. O calor específico do exemplo anterior é:
- a) 0,2 cal/g. $^{\circ}\text{C}$ .
- b) 4 cal/g. $^{\circ}\text{C}$ .
- c) 20 cal/g. $^{\circ}\text{C}$ .
- d) 30 cal/g. $^{\circ}\text{C}$ .
8. Um motorista calibra o pneu em 33 psi, a uma temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , depois de rodar por uma hora, a temperatura do pneu chega a  $26^{\circ}\text{C}$ . Qual é o valor da pressão do ar dentro do pneu após esse tempo? (Considere o ar no pneu como um gás ideal e que a alteração do volume foi desprezível)
9. Em um dia frio, um motorista calibra o pneu em 30 psi, a uma temperatura de  $17^{\circ}\text{C}$ . Logo após a calibração o carro foi estacionado por certo tempo, a temperatura do pneu caiu para  $15^{\circ}\text{C}$ . Qual é o valor da pressão do ar dentro do pneu? (Considere o ar no pneu como um gás ideal e que a alteração do volume foi desprezível)

10. Um motorista calibra o pneu em 29 psi, a uma temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ , depois de rodar por uma hora, a pressão do pneu passa para 31,32 psi. Qual é o valor da temperatura do ar dentro do pneu após esse tempo? (Considere o ar no pneu como um gás ideal e que a alteração do volume foi desprezível)



# Aula 7 – Equilíbrio dos sólidos

## Objetivos

Compreender as forças que agem nos sólidos e que dependem da direção, sentido e intensidade, assim como sua relação com a área automotiva.

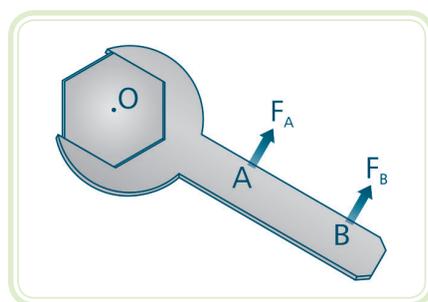
## 7.1 Considerações iniciais

O movimento está intimamente ligado com a dinâmica do planeta, na verdade não só do nosso planeta, mas de todo universo. Nesta aula estudaremos a área da física que descreve o movimento sem se preocupar com as causas. Esta área é chamada de **cinemática**. Nesta área existem dois tipos de grandezas denominadas de grandezas escalares e grandezas vetoriais.

As grandezas escalares possuem apenas intensidade, sendo necessário apenas saber o seu valor numérico. Este caso, não é necessário saber o sentido e a direção para compreender o movimento. Já as grandezas vetoriais necessitam não só da intensidade, mas da direção e sentido para ser possível compreender o movimento.

## 7.2 Momento de uma força ou torque

Imagine ter que tirar os parafusos das rodas do automóvel utilizando uma alavanca. Em que situação teria que empregar maior força, na área mais próxima do parafuso (A) ou na mais distante (B).



**Figura 7.1: Diferença de posição de aplicação da força**  
Fonte: CTISM

Podemos observar que é mais fácil girar o parafuso aplicando a mesma força que aplicaria em A no ponto B. Podemos concluir que quanto mais longe o eixo de rotação O, mais fácil será girar o parafuso.

Momento de uma força ou torque de uma força F em relação a um ponto O, que é o polo, é o produto entre a intensidade dessa força pela distância d do ponto O. Considerando que o torque é uma grandeza vetorial, temos:

$$T = \pm F \times d$$

Onde: T = torque (N/m)

F = força (N)

d = distância (m)

Quando o sinal do torque é positivo, o movimento ocorre no sentido anti-horário, e se negativo o movimento se dá no sentido horário.

### 7.3 Tópicos aplicados de vetores

Como já falamos anteriormente existem grandezas que não necessitam de direção e sentido para caracterizar o movimento, precisa apenas da intensidade. Por exemplo, quando dizemos que um automóvel pesa 1000 kg, não precisamos de mais informação para saber a massa dele. Quando dizemos que distância de um determinado lugar a outro é 100 km, a informação já está completa.

No entanto, quando dizemos que determinado veículo percorreu 100 km, falta a informação do sentido e da direção desse automóvel. Poderíamos dizer que esse automóvel percorreu 1 km no sentido Recife-Caruaru. Esse é um tipo de grandeza que necessita, além da intensidade, da direção e sentido, logo podemos dizer que é uma grandeza vetorial.

As grandezas vetoriais têm módulo, direção e sentido. Algumas dessas grandezas são: força, aceleração, velocidade. Essas grandezas são sempre indicadas por flechinhas em cima da letra. Para caracterizar as grandezas vetoriais precisamos compreender os seguintes vetores, que estão baseados nos eixos cartesianos: vetor posição, vetor deslocamento, vetor velocidade e vetor aceleração.

### 7.3.1 Vetor posição ( $\vec{r}$ )

O vetor posição indica a localização do corpo dentro do plano cartesiano. A partir dele podemos observar o movimento de um corpo através da mudança do vetor posição.

Na representação da mudança de posição do corpo, o vetor que indica essa alteração sempre parte da origem do plano cartesiano. Observe a Figura 7.2.

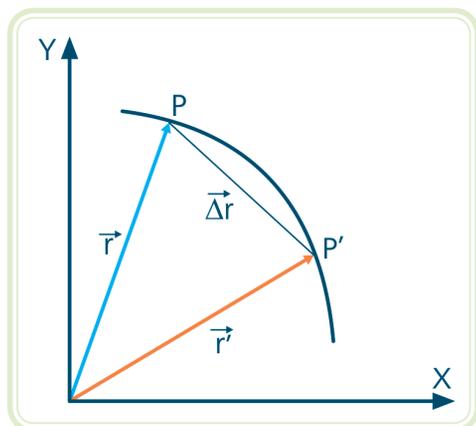


Figura 7.2: Representação do vetor posição

Fonte: CTISM

### 7.3.2 Vetor deslocamento ( $\vec{\Delta r}$ )

O vetor deslocamento indica o deslocamento do corpo partindo da origem ao ponto onde o corpo se encontra independente da trajetória.

Por exemplo, considere um carro saindo do ponto  $P_1$  e se deslocando até o ponto  $P_2$ . O vetor deslocamento será o vetor ( $\vec{\Delta r}$ ) que parte do ponto  $P_1$  para o ponto  $P_2$ .

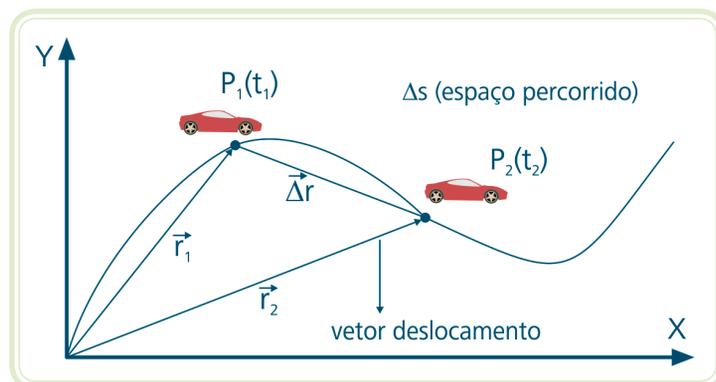


Figura 7.3: Representação do vetor deslocamento

Fonte: CTISM

### 7.3.3 Vetor velocidade

É o quociente do vetor deslocamento ( $\vec{\Delta r}$ ), pelo tempo ( $\vec{\Delta t}$ ) gasto para realizar esse deslocamento. Esse vetor tem o mesmo sentido e direção do vetor deslocamento ( $\vec{\Delta r}$ ).

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$

### 7.3.4 Vetor aceleração

O vetor aceleração média ( $\vec{a}_m$ ) é o quociente da variação da velocidade ( $\vec{\Delta v}$ ) pela variação do tempo ( $\vec{\Delta t}$ ).

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t}$$

O vetor aceleração média possui a mesma direção e o mesmo sentido do vetor que representa a velocidade média.

A velocidade ( $v$ ) pode variar em intensidade e em direção, logo, o vetor aceleração de um automóvel, num certo instante, é decomposto em duas acelerações perpendiculares:

- **Aceleração tangencial ( $a_t$ )** – indica a variação da intensidade de  $v$ .
- **Aceleração centrípeta ( $a_{cp}$ )** – indica a variação da direção de  $v$ .

Sabemos a aceleração instantânea de um corpo através da **soma vetorial da aceleração tangencial e da centrípeta**.

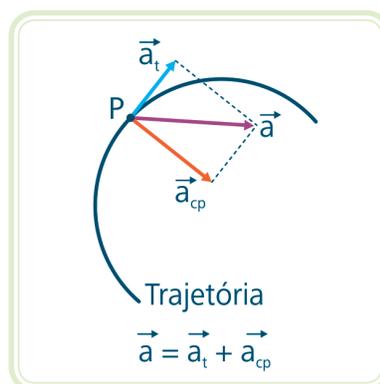


Figura 7.4: Representação do vetor aceleração

Fonte: CTISM

## 7.4 Aceleração tangencial

É o vetor que possui direção tangente a trajetória e é o componente do vetor aceleração responsável pela variação do módulo ou intensidade do vetor velocidade. O sentido desse vetor pode ser:

- O mesmo do vetor velocidade, se o movimento for acelerado.
- Contrário ao do vetor velocidade, se o movimento for retardado.

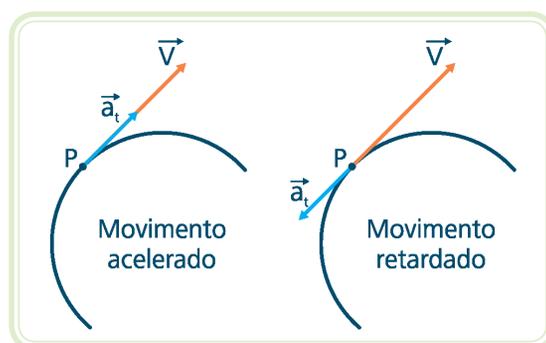


Figura 7.5: Representação da aceleração tangencial

Fonte: CTISM

## 7.5 Aceleração centrípeta

Você certamente já ouviu falar que um automóvel passou direto na curva. Isso pode ocorrer por diversos motivos desde a pista molhada até o pneu careca. No entanto, um desses fatores é extremamente relevante para os nossos estudos, que é o excesso de velocidade.

Isso pode ser explicado através do estudo da aceleração centrípeta, que é o vetor responsável pela mudança de direção em uma trajetória circular. A direção desse vetor é perpendicular ao vetor velocidade e seu sentido é para o centro da curva.

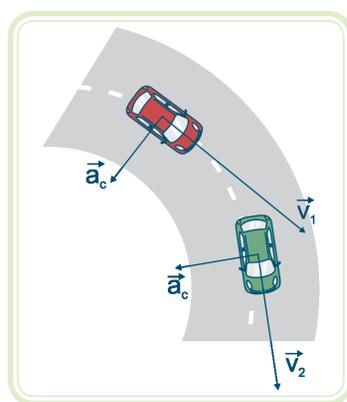


Figura 7.6: Representação da aceleração centrípeta

Fonte: CTISM

Quando o movimento é retilíneo o vetor aceleração centrípeta é nulo, pois ele só existe nos casos de movimento curvilíneo. A aceleração centrípeta é encontrada utilizando a seguinte fórmula:

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r}$$

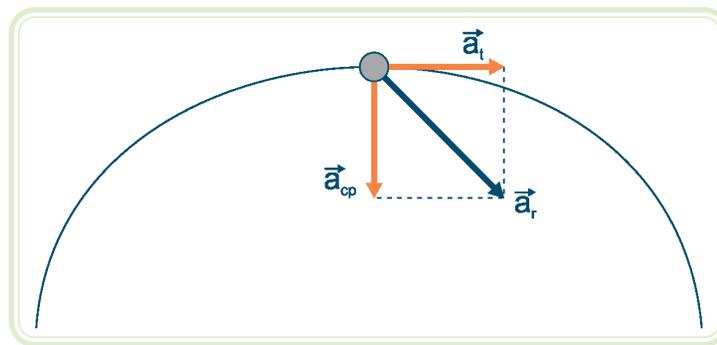
Onde:  $a$  = aceleração centrípeta ( $m/s^2$ )

$v$  = velocidade escalar ( $m/s$ )

$r$  = raio da circunferência ( $m$ )

## 7.6 Aceleração resultante

A aceleração resultante é obtida através da soma vetorial da aceleração tangencial e da aceleração centrípeta.



**Figura 7.7: Representação da aceleração resultante**

Fonte: CTISM

A intensidade dessa aceleração pode ser encontrada utilizando o Teorema de Pitágoras no triângulo retângulo em destaque na Figura 7.7.

$$\vec{a}^2 = \vec{a}_t^2 + \vec{a}_{cp}^2$$

## Resumo

Nesta aula aprendemos que a cinemática é a área da física que descreve o movimento sem se preocupar com as causas, nela existem dois tipos de grandezas denominadas de grandezas escalares e grandezas vetoriais. As grandezas escalares possuem apenas intensidade, enquanto as grandezas vetoriais necessitam não só da intensidade, mas da direção e sentido. Sobre o torque aprendemos que quanto mais longe o eixo de rotação  $O$ , mais fácil será girar o parafuso.

Aprendemos que massa é um exemplo de grandeza escalar e força, aceleração, velocidade são exemplos de grandezas vetoriais. Estudamos que os vetores posição, deslocamento, velocidade e aceleração são fundamentais para caracterizar as grandezas vetoriais. Por fim aprendemos que a aceleração tangencial é o vetor responsável pela variação do módulo ou intensidade do vetor velocidade, já a aceleração centrípeta é o vetor responsável pela mudança de direção em uma trajetória circular.

## Atividades de aprendizagem



1. Para caracterizar uma grandeza vetorial é necessário:
  - a) Direção e sentido.
  - b) Sentido e intensidade.
  - c) Intensidade e direção.
  - d) Apenas sentido.
  - e) Direção, sentido e intensidade.
2. Sobre o vetor posição podemos dizer que:
  - a) Indica a posição de um corpo fora do plano cartesiano.
  - b) Fornece informações sobre o movimento de um corpo através da mudança do vetor posição.
  - c) Indica o deslocamento do corpo partindo da origem.
  - d) Indica a aceleração do corpo dentro do plano cartesiano.
3. Sobre o vetor deslocamento podemos dizer que:
  - a) Indica o deslocamento do corpo sem considerar a origem do plano cartesiano.
  - b) Fornece a aceleração do corpo.

- c) Indica o deslocamento do corpo partindo da origem ao ponto onde o corpo se encontra independente da trajetória.
  - d) Indica o deslocamento do corpo partindo da origem ao ponto onde o corpo se encontra dependendo da trajetória.
4. O vetor deslocamento é o quociente do vetor deslocamento ( $\vec{\Delta r}$ ), pelo tempo ( $\Delta t$ ) gasto para realizar esse deslocamento. Podemos dizer que ele:
- a) Tem sentido e direção diferente do vetor deslocamento.
  - b) Tem intensidade e direção igual às do vetor deslocamento.
  - c) Tem intensidade e sentido igual às do vetor deslocamento.
  - d) Tem sentido e direção iguais às do vetor deslocamento.
5. Sobre o vetor aceleração podemos dizer:

I - É o quociente da variação da velocidade ( $\vec{\Delta v}$ ) pela variação do tempo ( $\Delta t$ ).

II - Possui a mesma direção e o mesmo sentido do vetor deslocamento.

III - Pode ser decomposto em aceleração tangencial e aceleração.

Destas considerações, somente:

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

6. Sobre a aceleração centrípeta podemos dizer:

I - É o vetor responsável pela mudança de direção em uma trajetória circular.

II - A direção desse vetor é paralela ao vetor velocidade e seu sentido é para fora da curva.

III - É vetor aceleração centrípeta é nulo quando o movimento é retilíneo.

Destas considerações, somente:

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

7. Sobre o vetor aceleração tangencial podemos dizer:

I - Possui direção tangente a trajetória.

II - É o componente do vetor aceleração responsável pela variação da direção e sentido.

III - Em movimento acelerado, seu sentido é o mesmo do vetor velocidade.

Destas considerações, somente:

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

8. Sobre um corpo são aplicadas duas forças em um ângulo de  $90^\circ$ , o módulo da intensidade dessas forças é de 3 kgf e 4 kgf. A intensidade do vetor resultante é:

- a) 1 kgf.
- b) 5 kgf.
- c) 7 kgf.
- d) 25 kgf.

## Referências

FELTRE, R. **Química geral**. v. 1. 6. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Relatório sobre análise em conversor catalítico**. Rio de Janeiro: 2007. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/conversor.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2014.

MASTERTON, W. L.; SLOWINSKI, E. J.; STANITSKY, C. **Princípios de química**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1990.

RAMALHO, I.; TOLEDO, N. **Os fundamentos da física**. 3. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1982.

REIS, M. **Química geral**. São Paulo: Editora FTD, 2007.

RELATÓRIO SOBRE ANÁLISE EM CONVERSOR CATALÍTICO. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/conversor.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2014.

RESNICK, R.; HALLYDAY, D. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1983.

SAMPAIO, J. L., CALÇADA, C. S. **Física**. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005.

PERUZZO, F. M. T.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna 2007.

## Currículo do professor-autor



**Emílio Vieira de Sousa** possui graduação em Química pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2009), Especialização em Metodologia do Ensino de Química pela Faculdade Internacional Signorelli. Atualmente é Técnico em Assuntos Educacionais do Instituto Federal de Pernambuco, Campus Ipojuca, exercendo a função de Coordenador de Desenvolvimento de Ensino.