

Elizabeth Teixeira de Souza
Fabiano Lins da Silva
Fábio Merçon
Jéssica Cruz de Luca de Almeida
Josineide Alves da Silva
Lidiane Aparecida de Almeida
Marcelo Pinheiro de Souza
Suellem Barbosa Cordeiro
Thais Malcher dos Santos Costa Mendes

CONECTANDO A QUÍMICA AO NOVO ENSINO MÉDIO

o mundo do carbono

 **Pedro & João**
editores

Distribuição gratuita - comercialização proibida

Elizabeth Teixeira de Souza
Fabiano Lins da Silva
Fábio Merçon
Jéssica Cruz de Luca de Almeida
Josineide Alves da Silva
Lidiane Aparecida de Almeida
Marcelo Pinheiro de Souza
Suellem Barbosa Cordeiro
Thais Malcher dos Santos Costa Mendes

CONECTANDO A QUÍMICA AO NOVO ENSINO MÉDIO

o mundo do carbono

1ª edição


Pedro & João
editores

Distribuição gratuita – comercialização proibida

Copyright © Autoras e autores

Todos os direitos garantidos. Qualquer parte desta obra pode ser reproduzida, transmitida ou arquivada desde que levados em conta os direitos das autoras e dos autores.

Elizabeth Teixeira de Souza; Fabiano Lins da Silva; Fábio Merçon; Jéssica Cruz de Luca de Almeida; Josineide Alves da Silva; Lidiane Aparecida de Almeida; Marcelo Pinheiro de Souza; Suellem Barbosa Cordeiro; Thais Malcher dos Santos Costa Mendes

Conectando a química ao novo Ensino Médio - o mundo do carbono. 1a edição. São Carlos: Pedro & João Editores, 2024. 303p. 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-65-265-1647-8 [Digital]

1. Química Orgânica. 2. Química (Ensino Médio). 3. Ensino de Química. 4. Química. I. Título.

CDD – 540/370

Fotografias e ilustrações: Lidiane Aparecida de Almeida e Marcelo Pinheiro de Souza

Ficha Catalográfica: Hélio Márcio Pajeú – CRB - 8-8828

Editores: Pedro Amaro de Moura Brito & João Rodrigo de Moura Brito

Conselho Editorial da Pedro & João Editores:

Augusto Ponzio (Bari/Itália); João Wanderley Geraldi (Unicamp/Brasil); Hélio Márcio Pajeú (UFPE/Brasil); Maria Isabel de Moura (UFSCar/Brasil); Maria da Piedade Resende da Costa (UFSCar/Brasil); Valdemir Miotello (UFSCar/Brasil); Ana Cláudia Bortolozzi (UNESP/Bauru/Brasil); Mariangela Lima de Almeida (UFES/Brasil); José Kuiava (UNIOESTE/Brasil); Marisol Barenco de Mello (UFF/Brasil); Camila Caracelli Scherma (UFFS/Brasil); Luís Fernando Soares Zuin (USP/Brasil); Ana Patrícia da Silva (UERJ/Brasil).



Pedro & João Editores

www.pedroejoaoeditores.com.br

13568-878 – São Carlos – SP

2024

APRESENTAÇÃO

Caro leitor,

Este livro foi elaborado pela equipe de professores de Química do Instituto de Aplicação Fernando da Silveira (CAp-UERJ). Ele tem como objetivo orientar estudantes em suas trajetórias acadêmicas, desde o nono ano até o Ensino Médio, preparando-os para exames de vestibular e também pensando na formação crítica desse estudante para a vida.

O livro CONECTANDO A QUÍMICA AO NOVO ENSINO MÉDIO – o mundo do carbono, é dividido entre sua apresentação e 9 unidades.

A unidade 1 apresenta os hidrocarbonetos, substâncias importantes no desenvolvimento humano. Eles estão presentes no petróleo e no gás natural, por exemplo. Também são usados como matéria-prima em diversas indústrias como na produção de plásticos, solventes, entre outros. O conteúdo apresentado possibilita a identificação dos hidrocarbonetos, as suas regras de nomenclatura, além de aplicações das principais substâncias.

A unidade 2 aborda as substâncias orgânicas oxigenadas, identificando seus grupos funcionais, suas nomenclaturas e o uso de algumas das substâncias mais comuns no dia a dia.

Na unidade 3, são estudadas as substâncias orgânicas nitrogenadas, aquelas em que o nitrogênio está ligado a cadeias carbônicas, suas nomenclaturas e as substâncias mais comuns de cada classe funcional.

A unidade 4 apresenta mais algumas substâncias orgânicas: haletos orgânicos, haletos de acila, sais orgânicos e nitrocompostos. São apresentadas suas regras de nomenclatura e curiosidades a respeito de algumas substâncias dessas funções.

A unidade 5 apresenta o fenômeno isomeria que ocorre entre substâncias orgânicas distintas que possuem a mesma fórmula molecular. Ao ler esta unidade, o estudante verificará que é mais adequado representar uma substância orgânica por sua fórmula estrutural plana ou espacial, pois uma fórmula molecular pode representar mais de uma substância.

Na unidade 6 estudamos algumas propriedades físicas de substâncias orgânicas, revelando como as forças intermoleculares presentes influenciam na sua temperatura de ebulição e solubilidade.

A unidade 7 aborda a acidez e basicidade de substâncias orgânicas segundo a definição de Arrhenius. Estudamos a acidez de álcoois, fenóis e ácidos carboxílicos, além da basicidade de aminas.

Após o estudo das funções orgânicas e suas características, a unidade 8 apresenta as principais reações que podem ocorrer entre elas. Os exemplos apresentados auxiliam na compreensão do conteúdo e na diferenciação entre os tipos de reação.

Por fim, a unidade 9 expressa a importância das substâncias orgânicas presentes no petróleo, o gás natural, o carvão, os biocombustíveis, polímeros, sabões e detergentes. O capítulo mostra a diversidade de usos e a relevância desses compostos na produção de energia.

Este material foi feito com muito carinho e dedicação para que você faça um estudo minucioso da teoria, resolva as questões correspondentes a cada conteúdo e confira as suas respostas com as resoluções ao final do livro.

Boa leitura e preparação.

Os autores.

SUMÁRIO

UNIDADE 1 – HIDROCARBONETOS	8
Funções orgânicas	9
Hidrocarbonetos	9
Alcanos	10
Alcenos	19
Alcadienos	21
Alcinos	24
Cicloalcanos	25
Cicloalcenos	27
Hidrocarbonetos aromáticos	29
UNIDADE 2 – FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS	48
Álcoois	49
Fenóis	53
Aldeídos	54
Cetonas	57
Éteres	59
Ácidos carboxílicos	61
Ésteres	63
Anidridos de ácidos carboxílicos	65
UNIDADE 3 – FUNÇÕES ORGÂNICAS NITROGENADAS	81
Aminas	82
Amidas	85
Nitrilas	87
UNIDADE 4 – OUTRAS FUNÇÕES ORGÂNICAS	103
Haleto orgânicos	104

Haletos de acila	107
Sais orgânicos	108
Nitrocompostos	109
UNIDADE 5 – ISOMERIA	125
Isomeria plana	126
Isomeria espacial	132
Isomeria geométrica	133
Isomeria ótica	135
UNIDADE 6 – SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS	158
Propriedades físicas de substâncias orgânicas	159
Ligações intermoleculares	159
Temperatura de ebulição	161
Solubilidade	167
UNIDADE 7 – ACIDEZ E BASICIDADE DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS	187
Acidez de substâncias orgânicas	188
Basicidade de substâncias orgânicas	191
UNIDADE 8 – REAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS	204
Introdução	205
Reações de adição	205
Hidrogenação catalítica	206
Halogenação	207
Adição de haleto hidrogenado	208
Adição de água	210
Reações de desidratação de álcool	212
Reações de substituição	215
Substituição em alcanos	215
Substituição no benzeno	217

Substituição em derivados do benzeno	219
Substituição em haletos orgânicos	222
Reações de oxidação	223
Oxidação enérgica de álcoois	223
Oxidação enérgica de alcenos	225
Ozonólise de alcenos	226
Combustão completa	227
Reação de esterificação	230
Reação de hidrólise de éster	230
UNIDADE 9 – QUÍMICA ORGÂNICA NO COTIDIANO	247
Petróleo	248
Gás natural	252
Carvão	253
Biocombustíveis	254
Polímeros	256
Polímeros de adição	257
Polímeros de condensação	261
Tipos de polímeros	263
Polímeros condutores	266
Problemas ambientais	266
Plásticos biodegradáveis	269
Sabões e detergentes	270
RESPOSTAS DAS QUESTÕES	290
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	301

UNIDADE 1

HIDROCARBONETOS

Funções orgânicas

As substâncias encontradas na natureza e produzidas pelos seres humanos foram classificadas em orgânicas e inorgânicas. As substâncias orgânicas apresentam o elemento químico carbono como principal componente, enquanto as outras substâncias que não possuem tal característica são classificadas como inorgânicas. Hidrocarbonetos, álcoois, carboidratos, lipídios, proteínas são alguns exemplos de substâncias orgânicas. Existem substâncias que apesar de apresentarem carbono em sua estrutura são consideradas inorgânicas, como o ácido carbônico (H_2CO_3).

As substâncias possuem propriedades características que podem ser semelhantes às de outras substâncias, em função disso tem-se o conceito de **função química** ou **classe funcional** que é um conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes.

Nesta unidade, inicia-se o estudo das principais funções da Química Orgânica.

Hidrocarbonetos

Um **hidrocarboneto** é uma substância orgânica que possui apenas Carbono (C) e Hidrogênio (H) na sua composição.

A principal fonte natural dos hidrocarbonetos é o petróleo e a partir dele muitos produtos que conhecemos são produzidos, como por exemplo: combustíveis (gasolina, óleo diesel, lubrificantes, querosene), plásticos, chiclete, tecidos (poliéster, náilon, entre outros), cosméticos, medicamentos, produtos de limpeza, asfalto etc.

Vamos estudar os seguintes hidrocarbonetos: alcanos, alcenos, alcadienos, alcinos, ciclanos, cicloalquenos e aromáticos.

Alcanos ou parafinas

Um **alcano** é um hidrocarboneto de cadeia aberta, saturada e que possui fórmula molecular geral C_nH_{2n+2} , sendo “n” um número inteiro.

Exemplos:

Se n for igual a 1, a fórmula molecular do alcano possui 1 átomo de carbono e $2 \cdot 1 + 2 = 4$ átomos de hidrogênio, ou seja, é CH_4 .

Se n for igual a 2, a fórmula molecular do alcano possui 2 átomos de carbono e $2 \cdot 2 + 2 = 6$ átomos de hidrogênio, ou seja, é C_2H_6 .

A nomenclatura das substâncias orgânicas segue as regras recomendadas pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Além de regulamentar as nomenclaturas e terminologias químicas, a IUPAC também é responsável pela nomeação de novos elementos químicos na tabela periódica, padronização de métodos de medição e outros dados avaliados.

Há substâncias que também são conhecidas por nomes não oficiais da IUPAC ou nomes triviais.

Alcano de cadeia normal

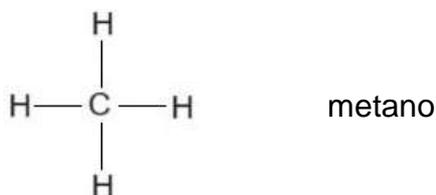
A nomenclatura de um alcano de cadeia normal segue a regra:

Prefixo + ANO

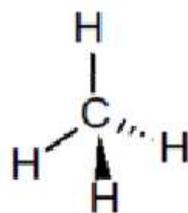
O prefixo depende do número de átomos de carbono do alcano. Observe a lista dos principais prefixos na tabela a seguir:

Nº de Carbonos	Prefixo	Nº de Carbonos	Prefixo
1	MET	7	HEPT
2	ET	8	OCT
3	PROP	9	NON
4	BUT	10	DEC
5	PENT	11	UNDEC
6	HEX	12	DODEC

Por exemplo, o alcano com apenas 1 átomo de carbono, possui em seu nome o prefixo MET e a terminação ANO. Logo, o seu nome é metano.

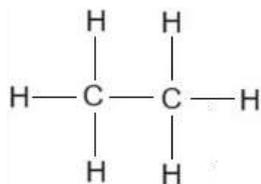


Como o metano possui uma estrutura espacial tetraédrica, costuma-se representá-lo também por um modelo denominado “cunha e traço”:

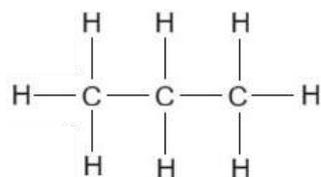


Na ligação em forma de traço, os átomos estão no mesmo plano. Na **cunha em negro**, o átomo da ponta está no plano da folha e o da parte mais larga está acima do plano da folha. Na **cunha tracejada**, o átomo da ponta está atrás do plano da folha e o da parte mais larga está no plano da folha.

Outros exemplos:



etano



propano



butano



pentano

CURIOSIDADE

O **metano (CH₄)** é um gás inodoro e incolor. O único átomo de carbono de sua molécula apresenta hibridização sp^3 , o que gera uma estrutura tetraédrica com ângulos de $109^\circ 28'$ entre as ligações sigma (σ). Ele é produzido por fermentação anaeróbia nos pântanos, depósitos de lixo e esgoto. É o principal componente do gás natural, presente no gás de cozinha encanado. Ele é emitido para a atmosfera no processo de digestão dos bovinos e também é um dos responsáveis pelo efeito estufa em nosso planeta.

O **propano (C₃H₈)** e o **butano (C₄H₁₀)** são gases inodoros, incolores e inflamáveis. Eles são os principais componentes do gás de cozinha de botijão, ou GLP (gás liquefeito de petróleo). Como tais substâncias não têm cheiro, ao gás de botijão são adicionadas substâncias que possuem odor desagradável contendo enxofre em suas fórmulas, para que um vazamento possa ser identificado.

Alcano de cadeia ramificada

Como este tipo de alcano possui uma ou mais ramificações, elas devem ser identificadas no nome da substância. A nomenclatura de um alcano ramificado é feita da seguinte forma:

Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + ANO)

Para se nomear um alcano de cadeia ramificada, deve-se:

- localizar a **cadeia principal**, ou seja, aquela que possui o maior número de átomos de carbono em sequência, não necessariamente em linha reta. Se houver mais de uma cadeia com o mesmo número de átomos de carbono, a principal é a que possui maior quantidade de ramificações;

- caso necessário, numerar os carbonos da cadeia principal a partir da extremidade mais próxima das ramificações. Se houver mais de uma possibilidade (numeração em sentidos diferentes), considerar como correta a numeração que apresenta a menor soma de valores para as ramificações;

- dar os nomes e as posições das ramificações em ordem alfabética e o nome da cadeia principal separados por hifens;

- se houver duas ramificações diferentes equidistantes das extremidades da cadeia principal, a numeração começa na extremidade que fornece o menor número para a ramificação cujo nome vem antes na ordem alfabética;

- caso a mesma ramificação apareça mais de uma vez, usar os prefixos **di**, **tri**, **tetra**, **penta**, etc. antes do nome da ramificação de acordo com o número de repetições. Os números das posições das ramificações repetidas devem ser separados por vírgulas.

Uma ramificação é resultante da substituição de um átomo de hidrogênio da cadeia principal do alcano por um grupo substituinte. Logo, o nome da ramificação é o nome do grupo substituinte correspondente.

Os grupos substituintes de alcanos que vamos apresentar neste livro são formados pela saída de apenas um átomo de hidrogênio da molécula da substância. São os chamados grupos substituintes monovalentes.

Por exemplo, a saída de 1 átomo de hidrogênio do metano (CH_4) gera um grupo substituinte denominado metil ($-\text{CH}_3$). O carbono do grupo metil fica com uma ligação faltando (1 valência livre) e, para completar o seu octeto, ele pode se ligar a outro carbono de uma cadeia principal que também tem uma ligação a menos, produzindo um alcano de cadeia ramificada.

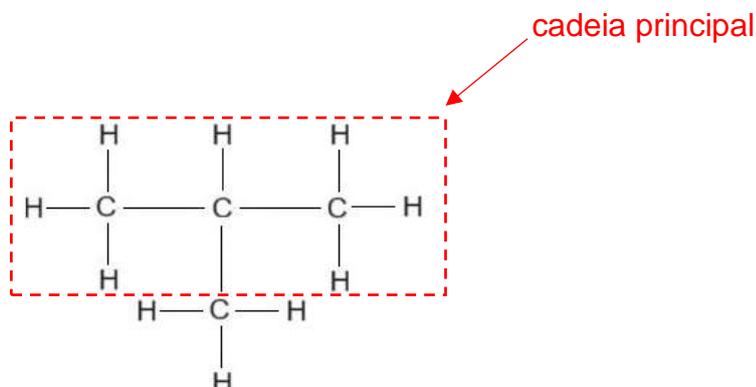
A tabela da página a seguir apresenta os principais grupos substituintes de alcanos (grupos alquilas). Ao lado do carbono que tem uma ligação a menos, colocamos um traço.

Número de átomos de carbono	Estrutura do grupo substituinte	Nome
1 carbono	— CH ₃	metil
2 carbonos	— CH ₂ — CH ₃	etil
3 carbonos	H ₃ C — CH ₂ — CH ₂ — Um dos carbonos primários tem uma valência livre	propil
	H ₃ C — CH — CH ₃ O carbono secundário tem uma valência livre	isopropil
4 carbonos	H ₃ C — CH ₂ — CH ₂ — CH ₂ — Um dos carbonos primários tem uma valência livre	butil
	H ₃ C — CH — CH ₂ — CH ₃ Um dos carbonos secundários tem uma valência livre	sec-butil ou s-butil
	H ₃ C — CH — CH ₂ — CH ₃ Um dos carbonos primários tem uma valência livre	isobutil
	H ₃ C — CH — CH ₃ CH ₃ O carbono terciário tem uma valência livre	terc-butil ou t-butil

No nome de um alcano que possui ramificações diferentes, os nomes das ramificações devem aparecer em ordem alfabética, sem considerar os prefixos que indicam repetições (**di**, **tri**, **tetra** etc.), além de **sec** e **terc**. O prefixo **iso** deve ser considerado.

Exemplos:

a)

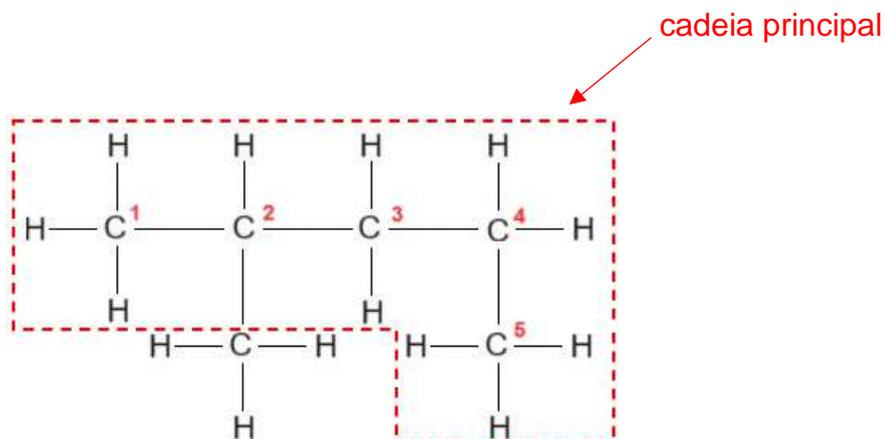


A cadeia principal (selecionada por um retângulo tracejado) possui 3 átomos de carbono, portanto seu nome é propano. Ligada ao carbono secundário há uma ramificação (estrutura que ficou fora da sequência que possui mais átomos de carbono), que corresponde ao grupo substituinte metil ($-\text{CH}_3$). Como não há outra possibilidade de posição da ramificação, a cadeia principal não precisa ser numerada. Se o grupo metil for colocado em uma extremidade da cadeia, a cadeia principal passa a ter 4 átomos de carbono e o alcano deixa de ser ramificado.

Então, o nome do alcano apresentado é: **metil-propano**.

A IUPAC recomenda juntar o nome da última ramificação citada com o nome da cadeia principal, porém preferimos separá-los por um hífen, o que melhora a compreensão.

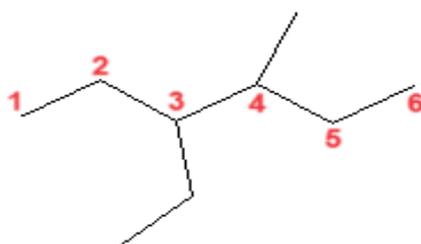
b)



A cadeia principal possui 5 átomos de carbono, então seu nome é pentano. Também há uma ramificação denominada metil ligada ao segundo átomo de carbono da cadeia principal, considerando a contagem da esquerda para a direita. Se a ramificação estivesse no terceiro átomo de carbono, seria uma outra substância. Portanto, os carbonos da cadeia principal devem ser numerados a partir da extremidade mais próxima à da ramificação, ou seja, da esquerda para a direita, de forma a se poder indicar a posição da ramificação.

Observando-se a numeração apresentada, verifica-se que a ramificação está no carbono 2 da cadeia principal, logo o nome do alcano é **2-metil-pentano**.

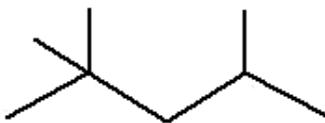
c)



A cadeia principal possui 6 átomos de carbono, logo seu nome é hexano. Há 2 ramificações na estrutura. Uma delas tem apenas 1 átomo de carbono (—CH_3) denominada metil e a outra possui dois átomos de carbono ($\text{—CH}_2\text{—CH}_3$) cujo nome é etil. Como as duas ramificações estão equidistantes das extremidades da cadeia principal, numera-se os carbonos desta cadeia a partir da extremidade mais próxima do grupo etil, pois ele vem antes do grupo metil na ordem alfabética.

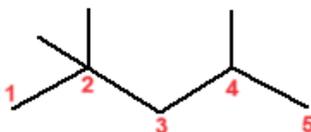
Então, o nome do alcano é **3-etil-4-metil-hexano**.

d)

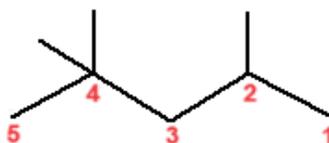


A cadeia principal possui 5 átomos de carbono, logo seu nome é pentano. Há 3 ramificações metil (—CH_3) na estrutura, por isso devemos utilizar o prefixo **tri** antes do nome da ramificação.

Há duas possibilidades de se numerar os carbonos da cadeia principal. Se ela for numerada da esquerda para a direita, conforme a figura a seguir, o nome do alcano será 2,2,4-trimetil-pentano.



Caso ela seja numerada da direita para a esquerda, conforme a figura a seguir, o nome do alcano será 2,4,4-trimetil-pentano.



Como dissemos anteriormente, quando há mais de uma possibilidade de se numerar os carbonos da cadeia principal, considera-se como correta a numeração que apresenta a menor soma de valores para as ramificações. No primeiro caso, a soma é $2 + 2 + 4 = 8$ e, no segundo caso, a soma é $2 + 4 + 4 = 10$. Como a soma do primeiro caso é menor, o nome do alcano deste item é **2,2,4-trimetil-pentano**.

Alcenos ou alquenos

Um **alceno** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada por apenas uma ligação dupla. Tal substância possui 2 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, então sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n} .

Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}=\text{C}-\text{H} \end{array}$	C_2H_4

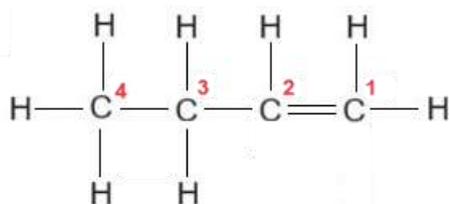
A nomenclatura de um alceno segue a ordem:

Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + ENO)

As regras de nomenclatura são as mesmas utilizadas para os alcanos, mas para alcenos com 4 átomos de carbono ou mais, deve-se indicar a posição da dupla ligação utilizando o menor número de um carbono que possui a dupla. A cadeia principal deve conter a ligação dupla e a sua posição é colocada entre o prefixo e a terminação do nome da cadeia principal. A numeração da cadeia principal deve ser feita a partir da extremidade mais próxima da ligação dupla.

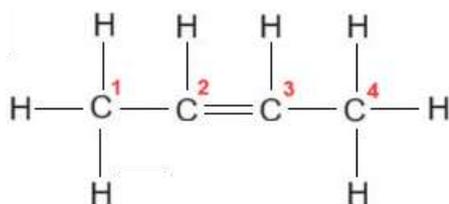
Exemplos:



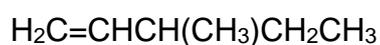


but-1-eno

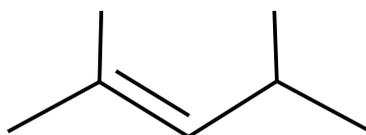
Como a estrutura do alceno acima tem 4 átomos de carbono, a posição da ligação dupla deve ser indicada. Numerando-se os carbonos da cadeia principal a partir da extremidade mais próxima da insaturação, verifica-se que a ligação dupla está nos carbonos 1 e 2, então usa-se o menor número para se indicar a sua posição, que nesse caso é 1.



but-2-eno



3-metil-pent-1-eno



2,4-dimetil-pent-2-eno

Um importante grupo substituinte derivado do eteno é o etinil ou vinil:

Estrutura do grupo substituinte	Nome
$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} -$	etinil ou vinil

CURIOSIDADE

O **eteno** (C_2H_4) também é conhecido pelo nome trivial **etileno** é um gás incolor. Cada carbono de sua molécula possui hibridação sp^2 , o que confere geometria trigonal plana e ângulos de 120° entre as ligações sigma (σ). A ligação pi (π) é perpendicular ao plano das ligações sigma.

Esta substância é usada no amadurecimento artificial de frutas e na fabricação de plásticos como o polietileno.

As bananas produzem eteno em seu processo de amadurecimento. É por isso que ao se enrolar bananas verdes num papel, por exemplo, elas amadurecem mais rápido, pois evita-se o escape de boa parte do gás para o ar.



Marcelo Pinheiro

Bananas produzem eteno ao amadurecer.

Alcadienos ou dienos

Um **alcadieno** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada com 2 ligações duplas. Como esta substância possui 4 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

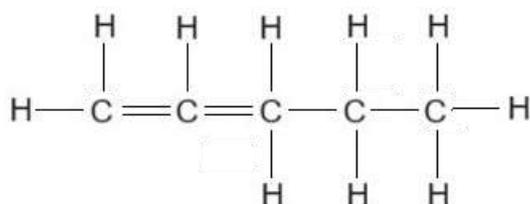
Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{H} & - \text{C} & = \text{C} & - \text{C} & = \text{C} & - \text{H} & \end{array}$	C ₄ H ₆

Ele pode ser classificado em:

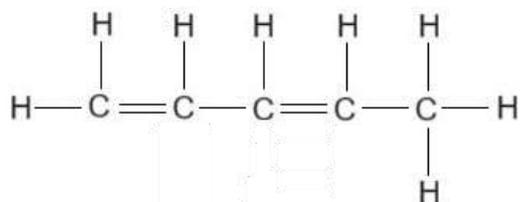
- **alcadieno acumulado** ou **geminado**: suas duas ligações duplas estão num mesmo átomo de carbono. Este carbono que possui duas ligações duplas apresenta hibridação sp, o que confere geometria linear e ângulo de 180° entre as ligações sigma (σ).

Exemplo:



- **alcadieno conjugado**: quando há apenas uma ligação simples entre as duas ligações duplas.

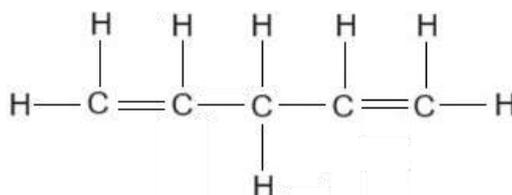
Exemplo:



A presença de moléculas com cadeias conjugadas possibilita que certas substâncias orgânicas sejam utilizadas como corantes, pois os elétrons das ligações duplas se movem pela estrutura, absorvendo energia de determinada cor e refletindo uma coloração complementar.

- **alcadieno isolado**: quando suas duas ligações duplas estão separadas por pelo menos duas ligações simples.

Exemplo:

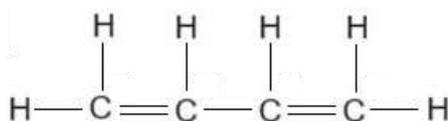


A nomenclatura de um alcadieno é feita da seguinte forma:

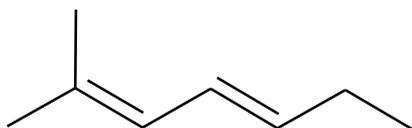
Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + A + DIENO)

Ela segue as mesmas regras de nomenclatura de alcenos, a diferença está no uso da letra "a" junto ao prefixo e da terminação **DIENO**. As duas ligações duplas fazem parte da cadeia principal e, caso necessário, as suas posições devem ser indicadas.

Exemplos:



buta-1,3-dieno



2-metil-hepta-2,4-dieno

Alcinos ou alquinos

Um **alcino** é um hidrocarboneto de cadeia aberta insaturada por apenas uma ligação tripla. Tal substância possui 4 hidrogênios a menos que um alcano com o mesmo número de átomos de carbono, então sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
$H-C \equiv C-H$	C_2H_2

A nomenclatura de um alcino é feita na ordem:

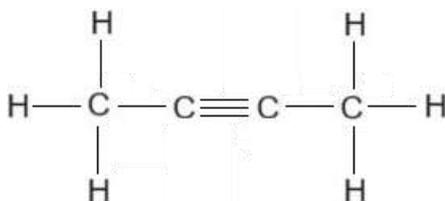
Posição da ramificação + nome da ramificação + nome da cadeia principal (prefixo + INO)

Ela segue as mesmas regras de nomenclatura de alcenos, a única diferença é o uso da terminação **INO**.

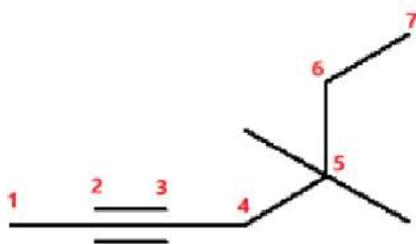
Exemplos:



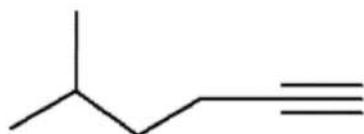
etino



but-2-ino



5,5–dimetil-hept-2-ino



5-metil-hex-1-ino

CURIOSIDADE

O **etino** (C_2H_2) também é conhecido pelo nome trivial **acetileno** é o alcino mais importante. Cada carbono de sua molécula possui hibridação sp , o que confere geometria linear e ângulo de 180° entre as ligações sigma (σ).

Esta substância é o gás utilizado em maçaricos e como matéria-prima na produção de plásticos.

Cicloalcanos ou ciclanos

Um **cicloalcano** é um hidrocarboneto saturado e contém ciclo. Sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n} .

Exemplo:

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
	C_3H_6

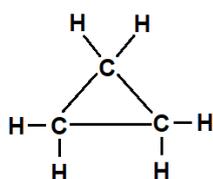
Como o ciclo é considerado cadeia principal, a nomenclatura de um cicloalcano tem o seguinte formato:

Posição da ramificação + nome da ramificação + ciclo + prefixo + ANO

Só se deve numerar os carbonos do ciclo, caso a estrutura tenha mais de uma ramificação.

Se houver duas ramificações, a numeração começa no carbono da cadeia fechada que está ligado à ramificação que vem antes na ordem alfabética, seguindo no sentido que forneça o menor número à outra ramificação.

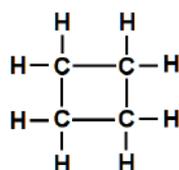
Exemplos:



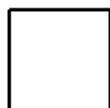
ou



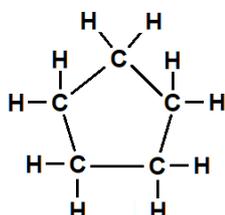
ciclo-propano



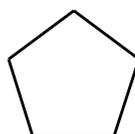
ou



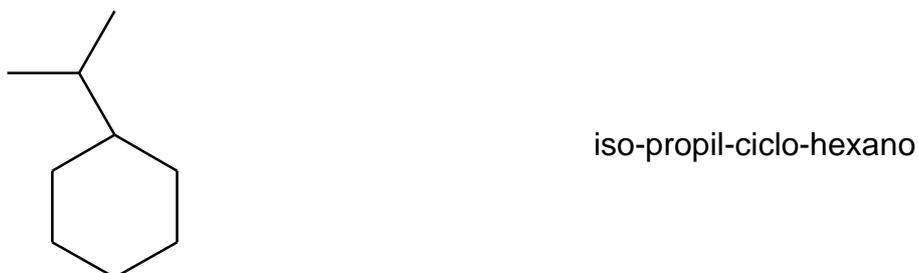
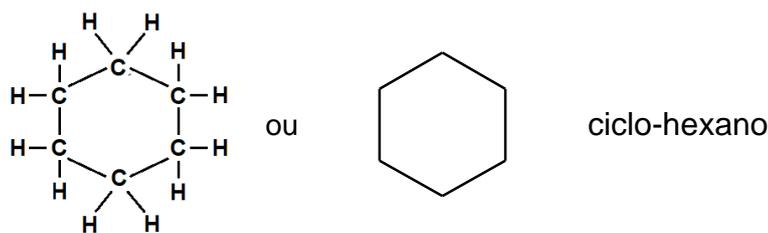
ciclo-butano



ou



ciclo-pentano



Há a possibilidade de não usar o traço no nome da cadeia fechada. Por questões didáticas, optamos por manter o traço, mas no caso do ciclo-hexano, a retirada do traço provoca a retirada da letra “h”, obtendo-se o nome cicloexano.

Cicloalcenos ou ciclenos

Um **cicloalcano** é um hidrocarboneto cujo ciclo apresenta uma ligação dupla entre átomos de carbono. Sua fórmula molecular geral é C_nH_{2n-2} .

Fórmula estrutural plana	Fórmula molecular
	C_3H_4

O ciclo é considerado cadeia principal e a nomenclatura de um cicloalceno tem o seguinte formato:

Posição da ramificação + nome da ramificação + ciclo + prefixo + ENO

Só se deve numerar os carbonos do ciclo, caso a estrutura tenha ramificação. A numeração do ciclo começa por um dos carbonos da ligação dupla, segue pelo outro carbono desta ligação e segue no sentido que forneça o menor número possível à ramificação. Como a ligação dupla sempre está no carbono 1, sua posição não é informada.

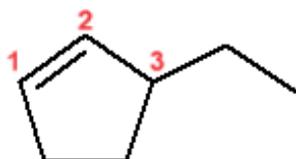
Exemplos:



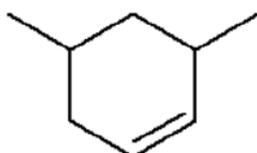
ciclo-propeno



ciclo-buteno



3-etil-ciclo-penteno

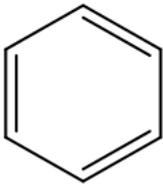
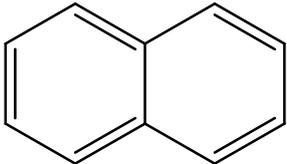
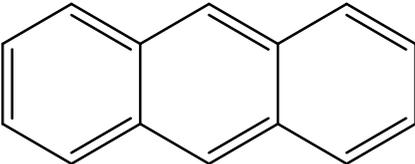
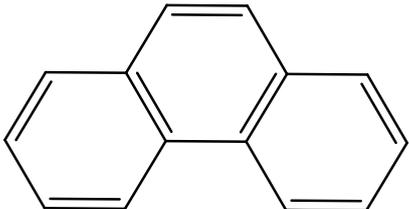


3,5-dimetil-ciclo-hexeno

Hidrocarbonetos aromáticos

Um **hidrocarboneto aromático** possui pelo menos um anel benzênico em sua estrutura.

Exemplos:

Estrutura	Fórmula molecular	Nome
	C_6H_6	benzeno
	$C_{10}H_8$	naftaleno
	$C_{14}H_{10}$	antraceno
	$C_{14}H_{10}$	fenantreno

CURIOSIDADE

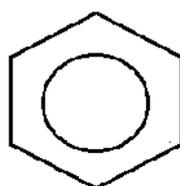
O **naftaleno** é conhecido comercialmente como naftalina e bolinhas desse material costumam ser usadas como repelente de insetos.

O **antraceno** tem como aplicação a produção de corantes, inseticidas e conservantes.

O **fenantreno** é utilizado como matéria-prima para produção de plásticos, fármacos, explosivos e pesticidas.

Nomenclatura no benzeno

No volume 1 desta obra, estudamos que no benzeno há ressonância, então ele também pode ser representado pela estrutura:



Benzeno

A regra de nomenclatura de uma substância que possui o anel benzênico como cadeia principal é:

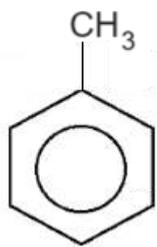
Posição da ramificação + nome da ramificação + BENZENO

Caso seja necessário numerar os carbonos do anel benzênico, seguem-se as mesmas regras utilizadas para os cicloalcanos, ignorando a presença das duplas ligações.

Quando há apenas duas ramificações, as suas posições recebem nomes especiais:

Posições	Nomes especiais
1,2	orto- ou o-
1,3	meta - ou m -
1,4	para - ou p -

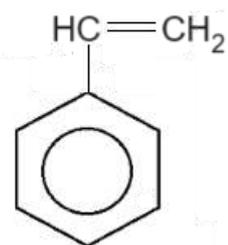
Exemplos:



metil-benzeno

ou

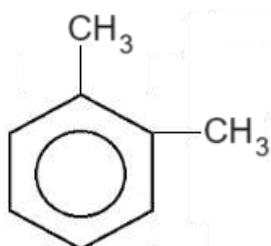
tolueno



vinil-benzeno

ou

estireno



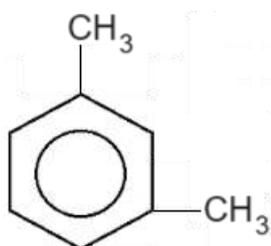
1,2-dimetil-benzeno

ou

orto-dimetil-benzeno

ou

orto-xileno



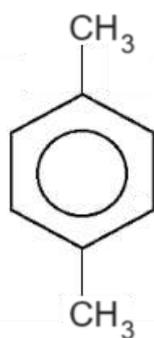
1,3-dimetil-benzeno

ou

meta-dimetil-benzeno

ou

meta-xileno



1,4-dimetil-benzeno

ou

para-dimetil-benzeno

ou

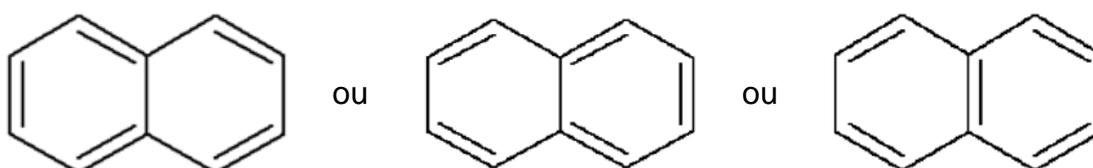
para-xileno

Dois grupos substituintes derivados do benzeno são importantes:

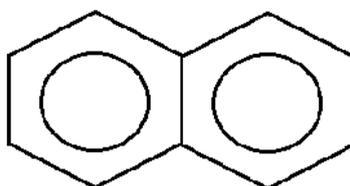
Estrutura do grupo substituinte	Nome
	fenil
	benzil

Nomenclatura no naftaleno

O naftaleno pode ser representado da seguinte forma:



Isso ocorre porque o naftaleno também apresenta a ressonância, uma vez que é uma substância aromática. Logo, ele costuma ser representado pela estrutura:

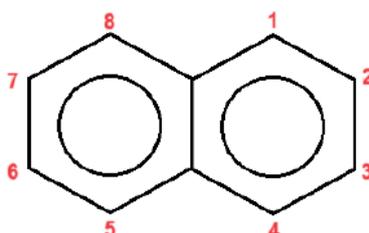


naftaleno

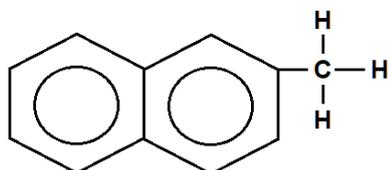
A regra de nomenclatura de uma substância que possui o naftaleno como cadeia principal é:

Posição da ramificação + nome da ramificação + NAFTALENO

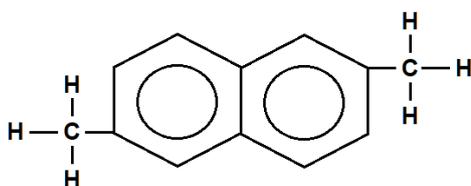
Se houver ramificação no naftaleno, usa-se a numeração fixa regulamentada pela IUPAC:



Exemplos:

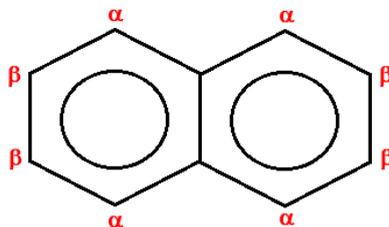


2-metil-naftaleno

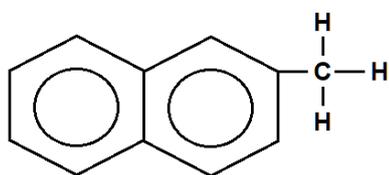


2,6-dimetil-naftaleno

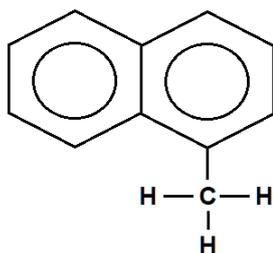
Quando há apenas uma ramificação no naftaleno, há uma forma mais antiga de identificar a sua localização, usando alfa (α) para as posições superiores e inferiores ou beta (β) para as posições laterais.



Exemplos:



α -metil-naftaleno



β -metil-naftaleno

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. Apresente a nomenclatura dos hidrocarbonetos cujas estruturas estão representadas abaixo:

a)



b)



c)



d)



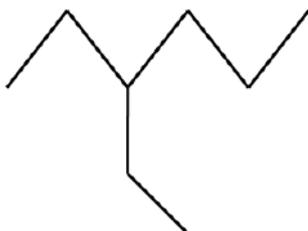
e)



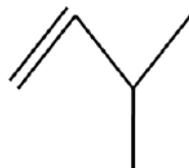
f)



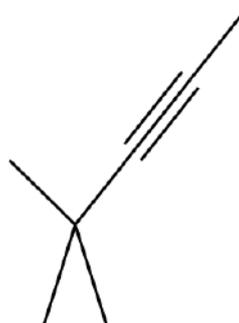
g)



h)



i)



2. Dê a fórmula em bastão dos seguintes hidrocarbonetos:

a) 3-etil-2,2-dimetil-hexano

b) 2-metil-hex-1-eno

c) 4-propil-hept-2-ino

3. Determine o número de átomos de hidrogênio existentes, por molécula, no:

a) pentano;

b) alcano que possui 10 átomos de carbono.

4. Escreva as fórmulas em bastão e moleculares dos seguintes alcadienos:

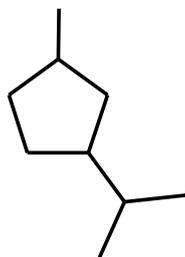
- a) 1,3-butadieno;
- b) 1,4-pentadieno.

5. Represente pela fórmula bastão os hidrocarbonetos a seguir:

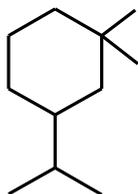
- a) 1,3-dimetil-ciclo-hexano
- b) 1,1,3-trimetil-ciclo-pentano
- c) 4-metil-ciclo-penteno
- d) 3-metil-ciclo-hexeno

6. Dê a nomenclatura oficial segundo a IUPAC das substâncias a seguir:

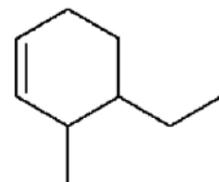
a)



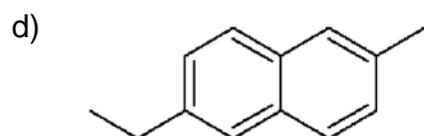
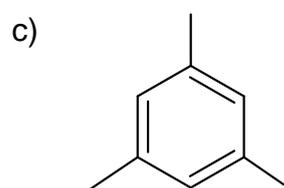
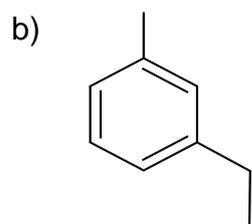
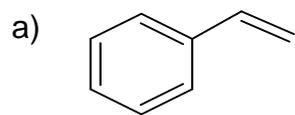
b)



c)



7. Dê a nomenclatura dos hidrocarbonetos aromáticos a seguir:



QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. (UERJ) Em grandes depósitos de lixo, vários gases são queimados continuamente. A molécula do principal gás que sofre essa queima é formada por um átomo de carbono e átomos de hidrogênio.

A massa molecular desse gás, em unidades de massa atômica, é igual a:

- A) 10
- B) 12
- C) 14
- D) 16

2. (PUCCAMP-SP) A utilização do gás natural como combustível é uma das alternativas para as soluções que têm sido propostas para a diminuição da poluição. Esse mesmo gás pode ser obtido por fermentação anaeróbia de material orgânico encontrado no lixo.

O gás em questão, hidrocarboneto de menor massa molecular, é:

- A) metano.
- B) propano.
- C) etileno.
- D) benzeno.
- E) acetileno.

3. (UFSC) Um alcano encontrado nas folhas de repolho contém em sua fórmula 64 átomos de hidrogênio. O número de átomos de carbono na fórmula é:

- A) 29.
- B) 32.
- C) 30.
- D) 33.
- E) 31.

4. (Vunesp-SP) O octano é um dos principais constituintes da gasolina, que é uma mistura de hidrocarbonetos. A fórmula molecular do octano é:

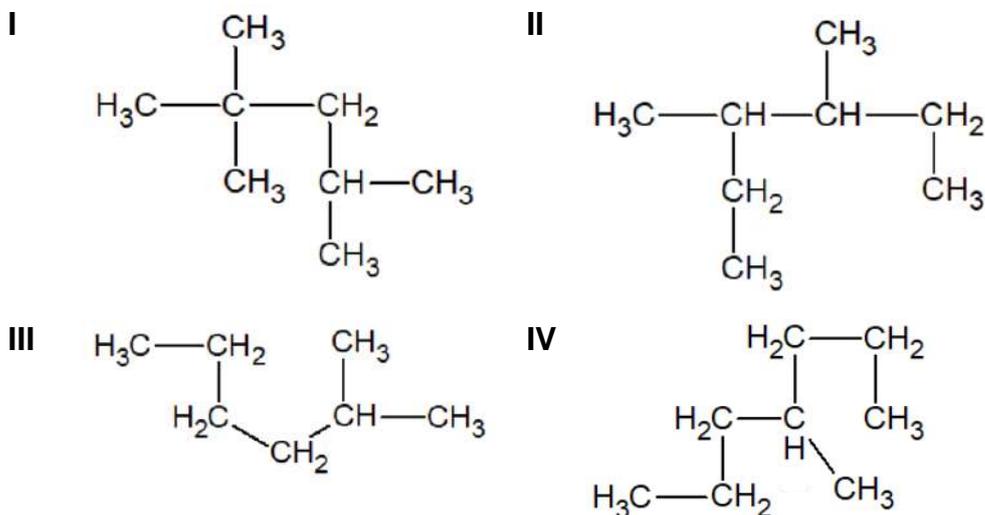
- A) C_8H_{18}
- B) C_8H_{16}
- C) C_8H_{14}
- D) $C_{12}H_{24}$
- E) $C_{18}H_{38}$

5. (UFMA adaptada) O hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2} cuja massa molar é 44 g/mol, chama-se:

- A) metano
- B) etano.
- C) propano.
- D) butano.
- E) propeno.

6. (UERJ) Uma mistura de hidrocarbonetos e aditivos compõe o combustível denominado gasolina. Estudos revelaram que quanto maior o número de hidrocarbonetos ramificados, melhor é a *performance* da gasolina e o rendimento do motor.

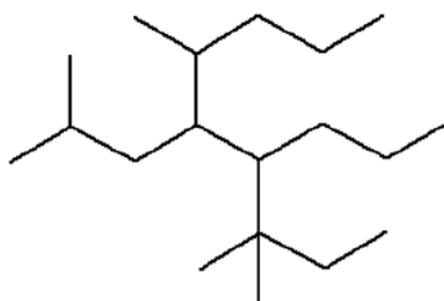
Observe as estruturas dos hidrocarbonetos abaixo:



O hidrocarboneto mais ramificado é o de número:

- A) IV
- B) III
- C) II
- D) I

7. (UFF-RJ) Analise a estrutura seguinte e considere as regras de nomenclatura da IUPAC.



Assinale a opção que indica as cadeias laterais ligadas, respectivamente, aos carbonos de números 4 e 5 da cadeia hidrocarbônica principal:

- A) propil e isobutil
- B) metil e isobutil
- C) terc-pentil e terc-butil
- D) propil e terc-pentil
- E) metil e propi

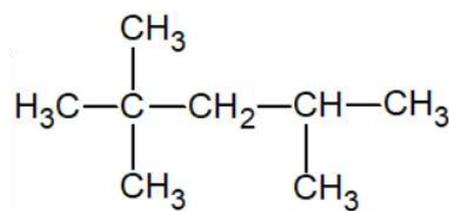
8. (PUC-RJ) Considere as afirmativas a seguir sobre o 2-metil-pentano.

- I. Possui cadeia carbônica normal.
- II. Possui fórmula molecular C_6H_{14} .
- III. É um hidrocarboneto insaturado.
- IV. Possui três átomos de carbono primários.

É correto o que se afirma somente em:

- A) I e II
- B) I e III
- C) I e IV
- D) II e III
- E) II e IV

9. (UFRRJ adaptada) O isooctano e outras moléculas de hidrocarbonetos ramificados são mais desejáveis, nasgasolinas comerciais, do que moléculas de cadeia linear uma vez que estas sofrem ignição de forma explosiva, causando até perda de potência.

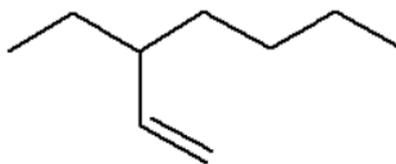


Iso-octano

Assinale a opção que apresenta a nomenclatura correta do isooctano

- A) 2,2,3 – trimetil-pentano
- B) 2,2,4 – trimetil-pentano
- C) 2,2,4 – trimetil-butano
- D) 2,2,3 – dimetil-pentano
- E) 2,2,4 – trimetil-hexano

10. (PUC-RJ)



Segundo as regras da IUPAC, a nomenclatura do composto representado acima é

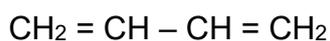
- A) 2-etil-hex-1-ano
- B) 3-metil-heptano

- C) 2-etil-hept-1-eno
- D) 3-metil-hept-1-eno
- E) 3-etil-hept-1-eno

11. (Unifor) O 2-metil-pent-2-eno tem fórmula molecular:

- A) C₆H₁₂.
- B) C₆H₁₀.
- C) C₅H₁₂.
- D) C₅H₁₀.
- E) C₅H₈.

12. (UFSE) O hidrocarboneto que apresenta a fórmula abaixo pertence à série dos:

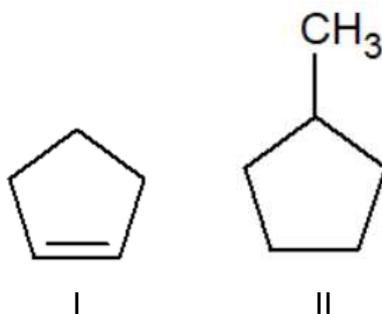


- A) alcanos.
- B) alcenos.
- C) alcinos.
- D) alcadienos.
- E) alcatrienos.

13. (PUC-PR) Alcinos são hidrocarbonetos:

- A) alifáticos saturados.
- B) alicíclicos saturados.
- C) alifáticos insaturados com dupla ligação.
- D) alicíclicos insaturados com tripla ligação.

14. (PUC-RJ adaptada) Os compostos I e II, representados a seguir, são hidrocarbonetos cíclicos.



De acordo com as regras da União internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), as nomenclaturas dos compostos I e II são, respectivamente,

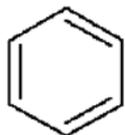
- A) ciclopentano e metil-ciclopentano.
- B) ciclopenteno e metil-ciclopentano.
- C) cicloexeno e metil-cicloexano.
- D) cicloexeno e etil-cicloexano.
- E) cicloexano e etil-cicloexano.

15. (Unifor-CE) Qual é a série dos hidrocarbonetos que têm fórmula mínima CH_2 ?

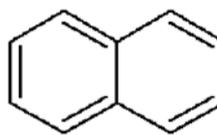
- A) alcanos.
- B) alcinos.
- C) alcadienos.
- D) ciclanos.
- E) ciclenos.

16. (UERJ) "O Ministério da Saúde adverte: fumar pode causar câncer de pulmão."

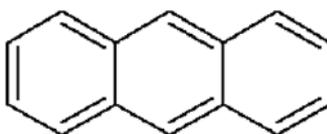
Um dos responsáveis por esse mal causado pelo cigarro é o alcatrão, que corresponde a uma mistura de substâncias aromáticas, entre elas benzeno, naftaleno e antraceno.



Benzeno



Naftaleno

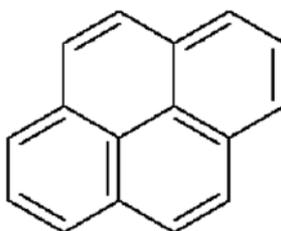


Antraceno

As fórmulas moleculares dos três hidrocarbonetos citados são, respectivamente:

- A) C_6H_{12} , $C_{12}H_{12}$, $C_{18}H_{20}$
- B) C_6H_{12} , $C_{12}H_{10}$, $C_{18}H_{18}$
- C) C_6H_6 , $C_{10}H_{10}$, $C_{14}H_{14}$
- D) C_6H_6 , $C_{10}H_8$, $C_{14}H_{10}$

17. (Cefet-RJ) O pireno, hidrocarboneto de núcleos condensados, obtido do alcatrão de hulha, solúvel em éter e insolúvel em água, apresenta a fórmula estrutural plana.

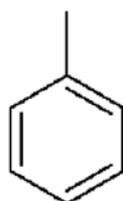


A fórmula molecular do pireno é:

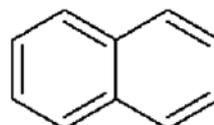
- A) $C_{14}H_8$

- B) $C_{15}H_{10}$
 C) $C_{16}H_{10}$
 D) $C_{17}H_{12}$
 E) $C_{18}H_{12}$

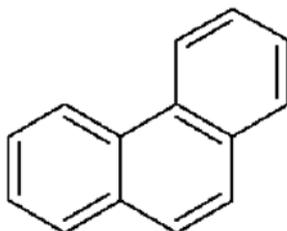
18. (PUC-RJ) Considere os seguintes hidrocarbonetos e as afirmativas a seguir:



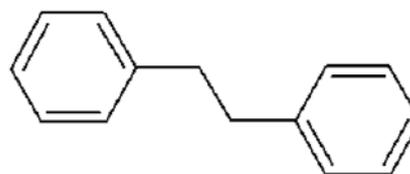
Tolueno



Naftaleno



Fenantreno



1,2-difenil-etano

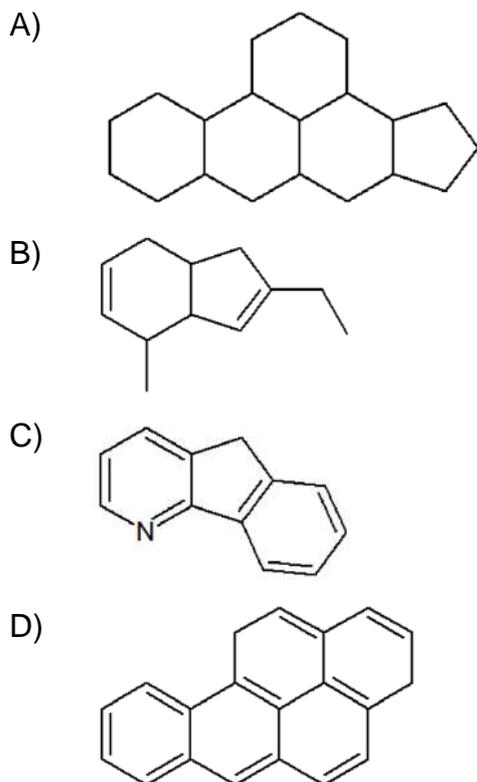
- I) O tolueno é um hidrocarboneto aromático mononuclear.
 II) O naftaleno possui 6 ligações pi (π).
 III) A fórmula molecular do fenantreno é $C_{14}H_{10}$.
 IV) O 1,2-difenil-etano é um hidrocarboneto aromático que possui 22 átomos de hidrogênio.

É correto apenas o que se afirma em:

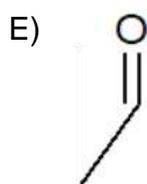
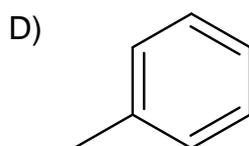
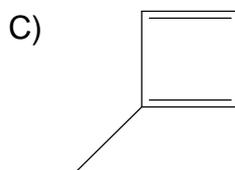
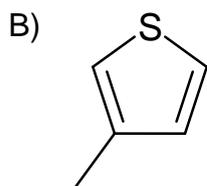
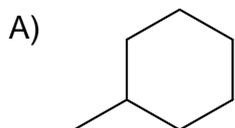
- A) I.
 B) II.
 C) I e III.
 D) II e IV.
 E) III e IV.

19. (UERJ) Além do impacto ambiental agudo advindo do derramamento de grandes quantidades de óleo em ambientes aquáticos, existem problemas a longo prazo associados à presença, no óleo, de algumas substâncias como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, mutagênicos e potencialmente carcinogênicos. Essas substâncias são muito estáveis no ambiente e podem ser encontradas por longo tempo no sedimento do fundo, porque gotículas de óleo, após absorção por material particulado em suspensão na água, sofrem processo de decantação.

Um agente mutagênico, com as características estruturais citadas no texto, apresenta a seguinte fórmula:



20. (Enem) A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas. O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

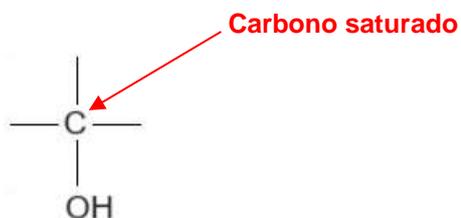


UNIDADE 2

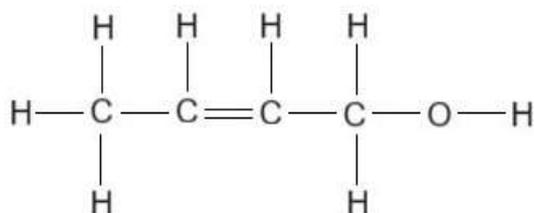
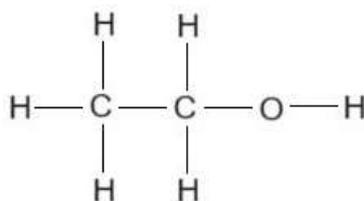
FUNÇÕES ORGÂNICAS OXIGENADAS

Álcoois

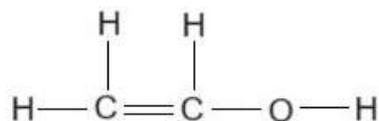
Álcool é uma substância que apresenta o grupo funcional hidroxila ($-\text{OH}$) ligado diretamente a carbono saturado.



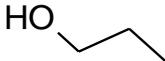
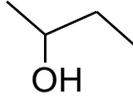
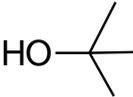
As estruturas a seguir, são exemplos de álcoois, pois a hidroxila está ligada diretamente a carbono saturado.



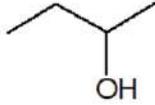
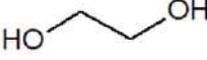
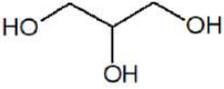
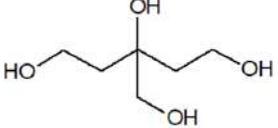
A estrutura abaixo não é um álcool, pois o grupo hidroxila está ligado diretamente a um carbono insaturado por uma ligação dupla. Ele pertence à outra função orgânica denominada **enol**.



Um álcool pode ser classificado em primário, secundário ou terciário, dependendo do tipo de carbono em que a hidroxila está ligada.

Classificação do álcool	Característica	Exemplo
Álcool primário	Grupo –OH ligado a carbono primário	
Álcool secundário	Grupo –OH ligado a carbono secundário	
Álcool terciário	Grupo –OH ligado a carbono terciário	

Um álcool também pode ser classificado quanto ao número de hidroxilas por molécula:

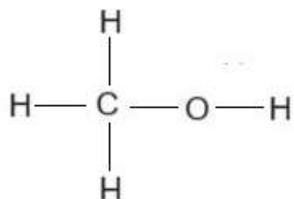
Classificação do álcool	Característica por molécula	Exemplo
Monoálcool	possui apenas 1 grupo -OH	
Diálcool ou diol	possui 2 grupos -OH	
Triálcool ou triol	possui 3 grupos -OH	
Poliálcool ou poliol	possui 4 ou mais grupos -OH	

Nomenclatura

Nome da cadeia carbônica principal + posição da hidroxila + OL

Caso haja necessidade de se numerar a cadeia principal, a ordem de prioridade é: grupo funcional > insaturação > ramificação, ou seja, inicia-se a numeração pelo carbono da extremidade mais próxima à hidroxila.

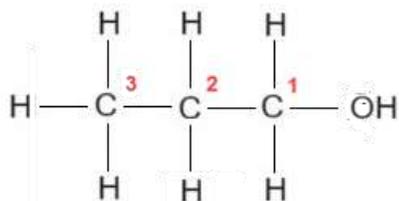
Exemplos:



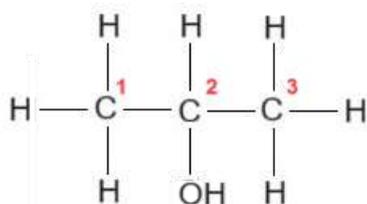
metanol



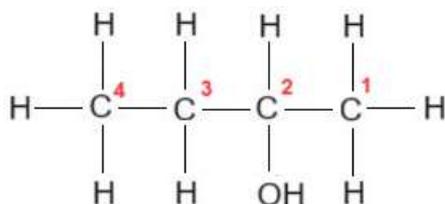
etanol



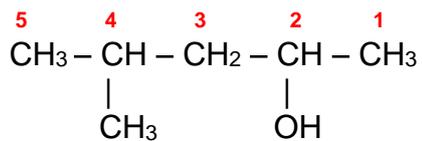
propan-1-ol



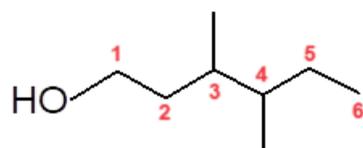
propan-2-ol



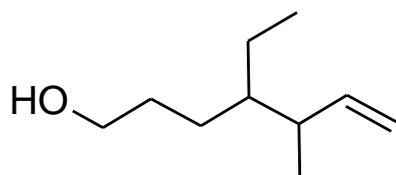
butan-2-ol



4-metil-pentan-2-ol



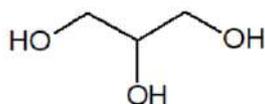
3,4-dimetil-hexan-1-ol



4-etil-5-metil-hept-6-en-1-ol

No caso de álcoois que possuem mais de uma hidroxila por molécula, são utilizados os sufixos DIOL, TRIOL etc, dependendo da quantidade de hidroxilas presentes na estrutura molecular.

Um exemplo conhecido é a glicerina ou glicerol cuja nomenclatura oficial é propano-1,2,3-triol:



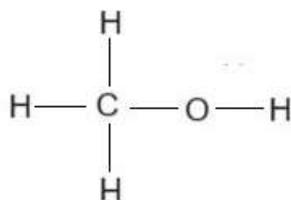
CURIOSIDADE

O **metanol (CH₄O)** é tóxico, por isso ele tem um uso restrito em sínteses orgânicas e também em combustíveis. Este álcool pode causar cegueira e até a morte quando ingerido, inalado ou absorvido pela pele.

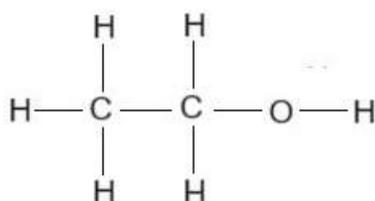
O **etanol (C₂H₆O)** está presente em bebidas alcoólicas, é usado como combustível de automóveis, como solvente químico, na síntese de compostos orgânicos.

No Brasil, a maior parte do etanol é obtida da cana de açúcar através do processo denominado fermentação, ocorrendo a degradação de substâncias orgânicas devido à ação de microrganismos, como leveduras e algumas bactérias, além da liberação de energia. A fermentação é aplicada na fabricação de bebidas alcoólicas, de pães e outros alimentos.

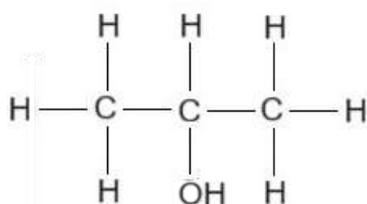
Os álcoois a seguir também costumam ser chamados por nomes triviais:



álcool metílico



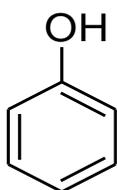
álcool etílico



álcool isopropílico

Fenóis

Fenol é uma substância que apresenta o grupamento hidroxila ($-\text{OH}$) ligado a carbono de um anel aromático. A substância mais simples dessa função orgânica é o fenol, também conhecido como benzenol:



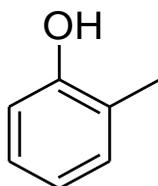
fenol ou benzenol

Nomenclatura

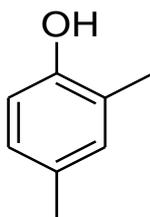
Posição da ramificação + nome da ramificação + FENOL ou BENZENOL

Para numerar o anel aromático, coloca-se o número 1 no carbono que possui a hidroxila e segue-se no sentido em as ramificações fiquem com os menores números possíveis.

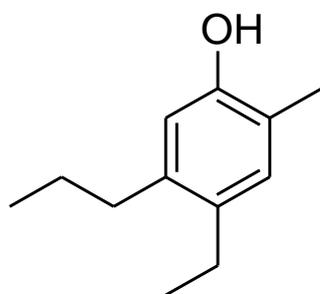
Exemplos:



2-metil-fenol ou orto-metil-fenol



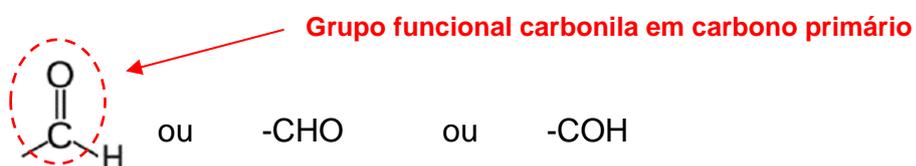
2,4-dimetil-fenol



4-etil-2-metil-5-propil-fenol

Aldeídos

Aldeído é uma substância que possui em sua estrutura o grupo funcional carbonila (carbono ligado ao oxigênio por uma ligação dupla) em carbono primário, ou seja, na extremidade de sua cadeia carbônica.



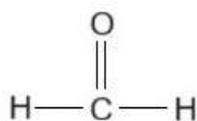
Nomenclatura

Nome da cadeia carbônica principal + AL

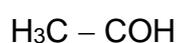
Distribuição gratuita – comercialização proibida

Em caso de cadeia ramificada, em que se precisa indicar a posição de uma ou mais ramificações, não se informa a posição da carbonila, pois ela está sempre no carbono 1 da estrutura.

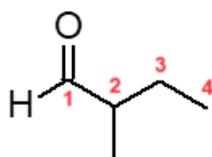
Exemplos:



metanal

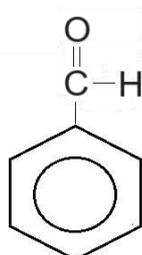


etanal



2-metil-butanal

O nome do aldeído a seguir não segue a regra IUPAC.



benzaldeído

CURIOSIDADE

O **formol** é uma solução aquosa contendo aproximadamente 40% de **metanal (CH₂O)** em massa e é utilizado, por exemplo, como conservante de amostras biológicas e como líquido de embalsamento, pois ele desnatura proteínas o que as torna mais resistentes à decomposição por bactérias.

FIQUE POR DENTRO!

No início dos anos 2000, uma febre tomou conta, literalmente, da cabeça das mulheres no Brasil: a escova progressiva com formol. Era a promessa de cabelos lisos, brilhantes e sem frizz, mas, em pouco tempo, o que parecia um sonho se tornou um pesadelo – foi constatado que o uso do metanal, conhecido como formaldeído ou simplesmente formol, é prejudicial à saúde. Com o aquecimento, no caso da escova progressiva pelo uso do secador e da chapinha, o formol libera um gás. Na época, o componente era misturado a produtos contendo queratina hidrolisada (aminoácidos), o que faz ocorrer uma reação química entre a queratina hidrolisada e a própria queratina do cabelo, modificando a estrutura dos fios e tornando-os lisos.

Mas o preço do resultado se tornou caro – e não foi só para o bolso. As denúncias sobre mulheres que sofriam queda de cabelo, queimadura no couro cabeludo e irritação nos olhos, por causa desse tipo de procedimento, foram surgindo nos noticiários. E mais estudos comprovaram que, além desses sintomas, constantes exposições ao componente químico podem causar boca amarga, dor de barriga, enjoo, vômito, desmaio, feridas na boca, na narina e nos olhos e câncer nas vias aéreas superiores (nariz, faringe, laringe, traqueia e brônquios), levando até à morte. “Há relatos na literatura e na mídia de mortes por intoxicação pela substância”, alerta a dermatologista Leninha Valério do Nascimento, pós-doutora pela Faculdade de Medicina Lariboisière Saint Louis, em Paris (França), e coordenadora e professora do curso de pós-graduação do Serviço de Dermatologia Tropical do Hospital Central do Exército (HCE/Unifase).

A pesquisadora Ubirani Otero da Coordenação de Prevenção e Vigilância do Instituto Nacional do Câncer (Inca) aumenta o coro de alerta sobre a substância “está tecnicamente reconhecido que o formol é cancerígeno e é altamente tóxico”.

Em 2009, levando em consideração ainda a manipulação do produto pelos profissionais, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) proibiu o uso de formol para alisamento de cabelo no país. De acordo com Ubirani, os cabelereiros e barbeiros estão mais suscetíveis a desenvolvimento de câncer ao manipular tintas e solventes. E alerta que a concentração de formol nestes produtos “é uma questão de saúde pública, não é uma opção estética”.

O formol é permitido apenas como conservante na concentração máxima de 0,2% nos produtos não destinados à higiene oral ou para endurecimento das unhas. “Neste percentual permitido, ele apenas conserva a fórmula, não tem potencial para alisar os cabelos”, enfatiza Mylla. Na verdade, a consumidora ou o consumidor não encontram mais facilmente o título “escova progressiva” nas embalagens dos produtos, mas a promessa continuou. Em 2019, 35% dos fiscais de Vigilâncias Sanitárias de estados e municípios participaram de uma pesquisa da Anvisa sobre o tema e relataram ter constatado ainda o uso irregular de formol em alisantes.

De acordo com a Anvisa, adicionar formol a esses produtos é infração sanitária (adulteração ou falsificação). Portanto, as quantidades muito acima de 0,2% nos produtos testados implicam sérios riscos à saúde da população, o que pode ser considerado um problema de saúde pública.

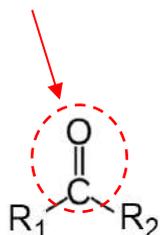
Fonte:

<https://minhasaude.proteste.org.br/escova-progressiva-teste-encontra-alta-concentracao-de-formol-em-produtos/>

Cetonas

Cetona é uma substância que apresenta em sua estrutura o grupo funcional carbonila em carbono secundário.

Grupo funcional carbonila em carbono secundário



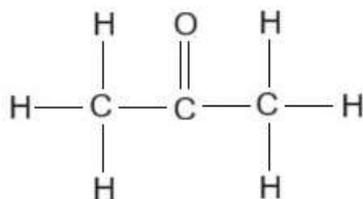
Os ligantes R_1 e R_2 são grupos orgânicos diferentes ou iguais.

Nomenclatura

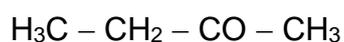
Nome da cadeia carbônica principal + posição da carbonila + ONA

Caso seja necessário indicar a posição de carbonila e de uma ou mais ramificações, inicia-se a numeração da cadeia principal pelo carbono da extremidade mais próxima à carbonila.

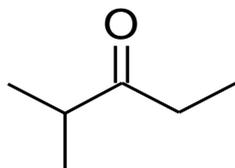
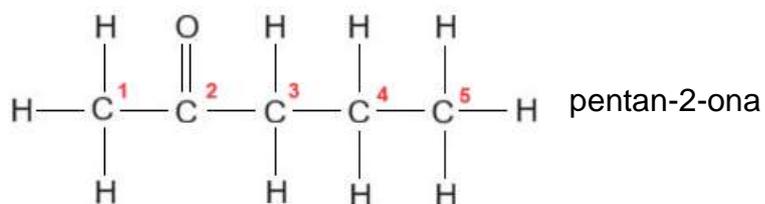
Exemplos:



propanona



butanona



2-metil-pentan-3-ona

CURIOSIDADE

A **propanona (C₃H₆O)** é a cetona mais simples e é mais conhecida comercialmente como **acetona**. Tal substância costuma ser utilizada para remover esmaltes de unhas. Ela também possui outras aplicações, tais como solvente de tintas, vernizes, esmaltes, além de ser utilizada na extração de óleos de sementes vegetais.

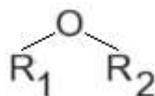


Marcelo Pinheiro

Acetona ou propanona.

Éteres

Éter é uma substância que apresenta o grupo funcional alcóxi, ou seja, em sua estrutura há um átomo de oxigênio entre dois átomos de carbono. Este heteroátomo divide a estrutura em duas partes R_1 e R_2 , que podem ser grupos orgânicos iguais ou diferentes.



Grupo funcional alcóxi

Nomenclaturas

Há duas regras possíveis para se nomear um éter.

1ª regra

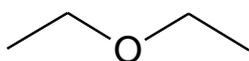
Prefixo da parte menor + ÓXI + nome do hidrocarboneto da parte maior

Nesta regra, a parte maior do éter é considerada como cadeia principal.

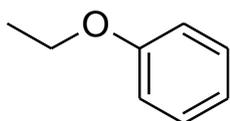
Exemplos:



metóxi-etano



etóxi-etano



etóxi-benzeno

2ª regra

Éter + nome do grupo orgânico + ICO e nome do outro grupo orgânico + ICO

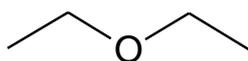
Os grupos orgânicos de cada parte do éter devem ser citados em ordem alfabética.

Quando os grupos orgânicos são iguais, o prefixo “di” pode ser dispensado.

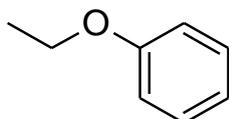
Exemplos:



éter etílico e metílico



éter dietílico ou éter etílico



éter etílico e fenílico

CURIOSIDADE

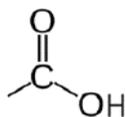
A substância **éter etílico (C₄H₁₀O)** foi usado inicialmente no tratamento de infecções pulmonares e do escorbuto. Tal substância passou a ser utilizada em procedimentos médicos como analgésico em 1842, depois que o médico e farmacêutico norte-americano Crawford Williamson Long (1815-1878) verificou que pessoas que se entorpeciam com éter não sentiam dor ao serem feridos ou agredidos.

Esta substância deixou de ser utilizada como analgésico no início do século 20, pois além de ser inflamável, ele também pode provocar náuseas e vômitos.

Posteriormente, ele foi substituído pelo clorofórmio (CHCl₃), cuja ação analgésica é mais rápida.

Ácidos carboxílicos

Ácido carboxílico é uma substância que possui o grupo funcional carboxila (– COOH) na extremidade da cadeia carbônica.



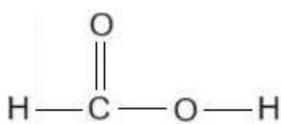
Grupo funcional carboxila

Nomenclatura

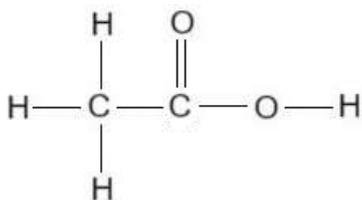
Ácido + nome da cadeia carbônica principal + OICO

A cadeia principal deve conter o grupo carboxila. Caso a substância seja ramificada e haja a necessidade de se numerar a cadeia principal, o carbono da carboxila recebe o número 1.

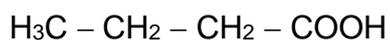
Exemplos:



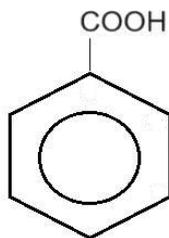
ácido metanoico



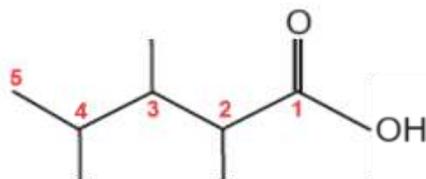
ácido etanoico



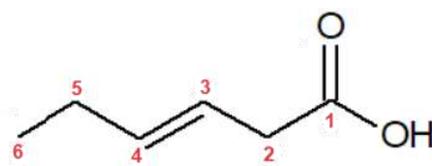
ácido butanoico



ácido benzoico



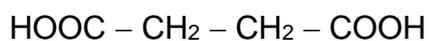
ácido 2,3,4-trimetil-pentanoico



ácido hex-3-enoico

Quando o ácido possui duas carboxilas, utiliza-se terminação DIOICO.

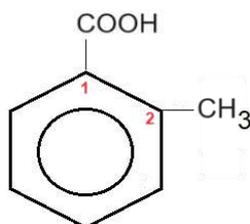
Exemplo:



ácido butanodioico

No caso do ácido carboxílico aromático, a numeração começa no carbono do anel que está ligado à carboxila.

Exemplo:



ácido 2-metil-benzoico

ou

ácido orto-metil-benzoico

CURIOSIDADE

O **ácido metanoico** (CH_2O_2) também é conhecido como **ácido fórmico**. Ele está presente na picada de certas formigas e é responsável pela sensação de ardor.

O **ácido etanoico** (CH_4O_2), também chamado de **ácido acético**, está presente no vinagre, bastante utilizado na culinária e em limpeza.



Vinagre

Ésteres

Éster é uma substância caracterizada pela presença do grupo carboxilato ligado a dois grupos iguais ou diferentes.

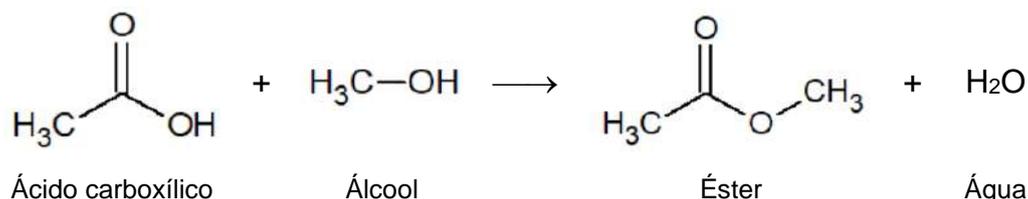


R é um grupo orgânico.

Um éster pode ser produzido numa **reação de esterificação**, que ocorre entre um ácido carboxílico e um álcool.

ácido carboxílico + álcool \longrightarrow éster + água

Exemplo:



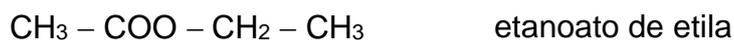
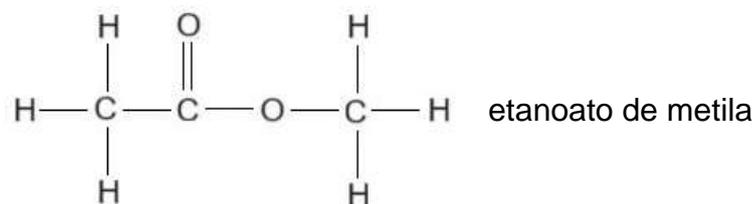
Portanto, um éster é uma substância derivada de um ácido carboxílico, em que no lugar do hidrogênio da hidroxila há um grupo orgânico.

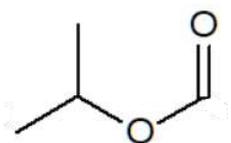
Os ésteres são utilizados como aditivos na indústria alimentícia, que conferem sabor e aroma artificial de frutas aos produtos.

Nomenclatura

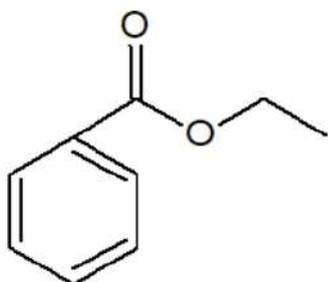
Nome ácido de origem sem o nome ácido + (trocando ICO por ATO) + nome do grupo "R" + A

Exemplos:





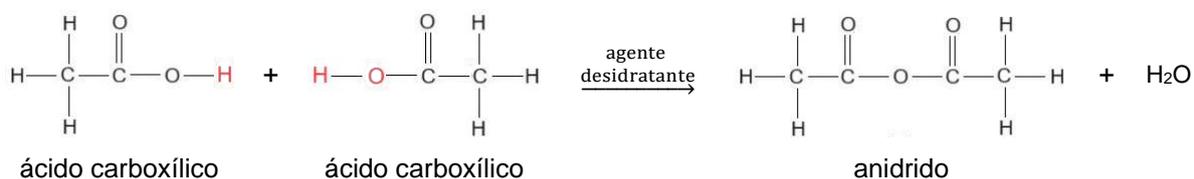
metanoato de isopropila



benzoato de etila

Anidridos de ácidos carboxílicos

Anidrido de ácido carboxílico ou simplesmente **anidrido** é uma substância orgânica derivada da desidratação (eliminação de água) na reação entre moléculas de ácidos carboxílicos.



O grupamento funcional característico de um anidrido é:

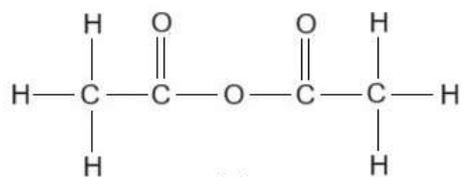


Nomenclatura

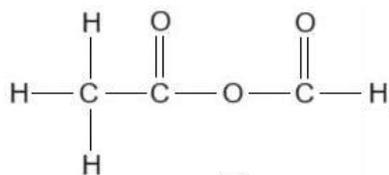
Anidrido + nomes dos ácidos de origem (sem a palavra ácido)

Se as duas moléculas forem do mesmo ácido, utiliza-se apenas um nome de ácido. Se forem diferentes, usam-se os dois nomes em ordem alfabética.

Exemplos:



anidrido etanoico



anidrido etanoico-metanoico

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. (OBQJr - adaptada) No século XVII, em busca pela pedra filosofal, o alquimista alemão Hennig Brand destilou urina com salitre, álcool etílico e areia. Acidentalmente, Brand descobriu uma substância branca, maleável, luminosa e inflamável, composta por um novo elemento químico, cujo nome vem do grego "portador de luz". Atualmente, esse elemento é amplamente utilizado na indústria de fertilizantes para promover o crescimento das plantas.

Fonte: <https://www.crq4.org.br/historia/linhadotempo/> (adaptado).

Escreva a fórmula estrutural plana do álcool citado no texto.

2. (OBQJr - adaptada) O loló, também é chamado de cheirinho ou cheirinho da loló, é uma solução volátil, de fabricação clandestina, constituído por clorofórmio (CHCl_3), éter ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$) e essência perfumada, podendo conter outras substâncias capazes de potencializar seus efeitos tóxicos. Ele faz parte do grupo de drogas classificadas como inalantes. Gera sensações de euforia e bem-estar, mas que se encerram rapidamente. Causam efeitos adversos, como fala arrastada, andar vacilante e, em muitos casos, agressividade. Algumas pessoas podem manifestar alucinações, ataques de pânico, e/ou ansiedade aguda; e, em situações mais extremas, convulsões, inconsciência, parada cardíaca, coma e até mesmo morte.

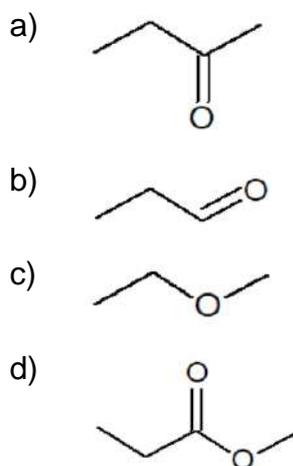
Fonte: https://www2.unifesp.br/dpsicobio/cebrid/folhetos/solventes_.html (Adaptado)

Escreva as duas opções de nomenclatura do éter citado no texto.

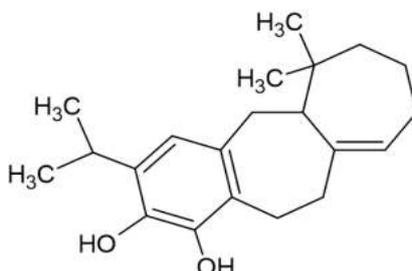
3. A reação química entre hidróxido de sódio e ácido acético produz acetato de sódio e água.

Apresente a fórmula em bastão e o nome oficial do ácido citado acima.

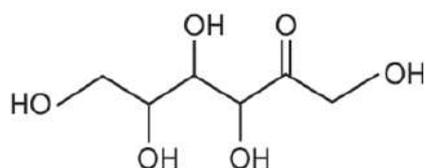
4. Identifique a função orgânica presente em cada molécula abaixo:



5. Costuma-se tomar chá de boldo quando há incômodo no fígado ou dificuldade para digestão. O principal componente deste chá é o barbatusol, que é eficiente no tratamento de fígado. Observe a molécula de barbatusol representada abaixo e identifique a função oxigenada presente.



6. (UERJ) Observe a fórmula estrutural plana da frutose, um dos principais açúcares presente nas frutas:



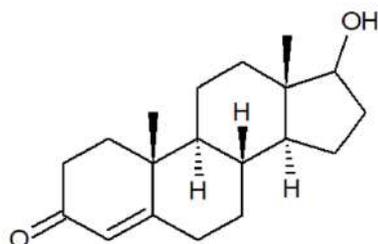
Ao ser ingerido, esse açúcar é metabolizado de acordo com a equação química abaixo:



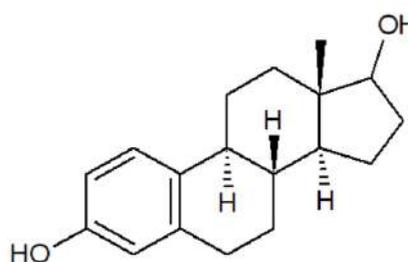
Nomeie as funções orgânicas presentes na molécula de frutose.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. (PUC-RJ) O colesterol dá origem à testosterona, um hormônio ligado ao desenvolvimento sexual, e ao estradiol, que regula as funções sexuais (ver figuras). Sobre essas substâncias, é CORRETO afirmar que:

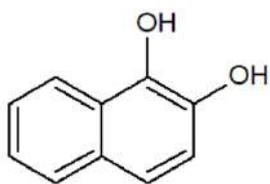


Testosterona

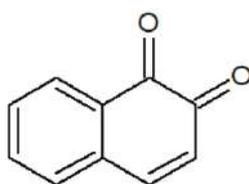


Estradiol

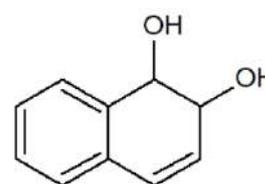
- A) o estradiol e a testosterona possuem a função álcool.
 B) a testosterona é uma substância aromática.
 C) ambas as substâncias possuem carbonos com hibridização sp .
 D) em ambas as substâncias, pode-se identificar a função cetona.
 E) as duas substâncias possuem grupo carbonila.
2. (PUC-RJ) A seguir, estão representadas estruturas químicas de três substâncias orgânicas identificadas por I, II e III.



I



II

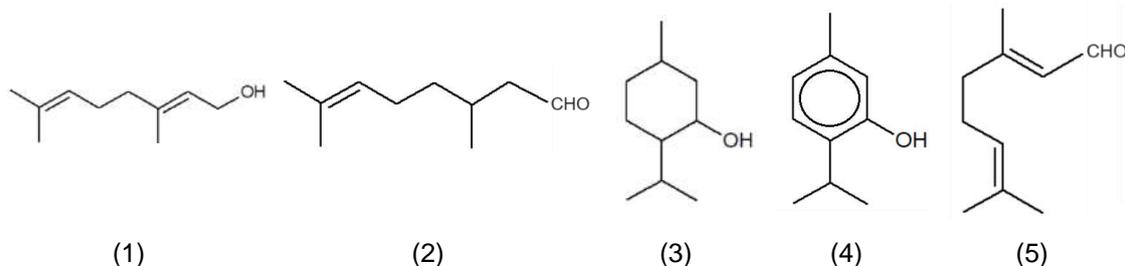


III

As funções orgânicas presentes em I, II e III, respectivamente, são

- A) fenol, cetona e álcool.
 B) álcool, cetona e fenol.
 C) álcool, aldeído e fenol.
 D) fenol, aldeído e álcool.
 E) aldeído, cetona e éter.

3. (Enem) Um microempresário do ramo de cosméticos utiliza óleos essenciais e quer produzir um creme com fragrância de rosas. O principal componente do óleo de rosas tem cadeia poli-insaturada e hidroxila em carbono terminal. O catálogo dos óleos essenciais apresenta, para escolha da essência, estas estruturas químicas:



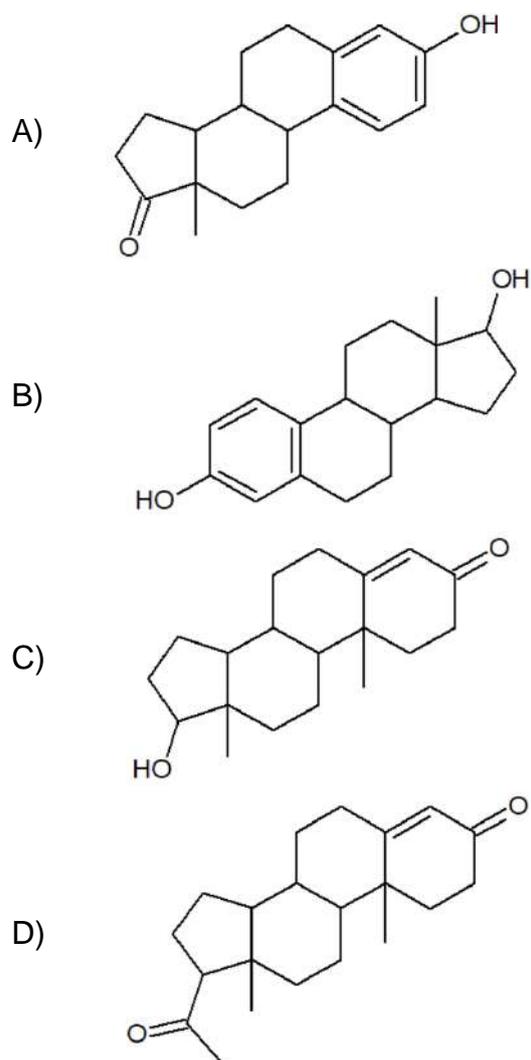
Qual substância o empresário deverá utilizar?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

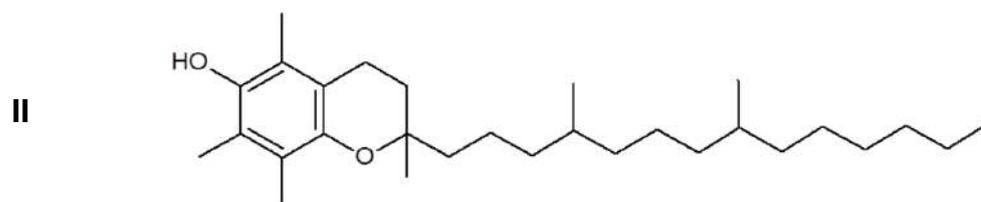
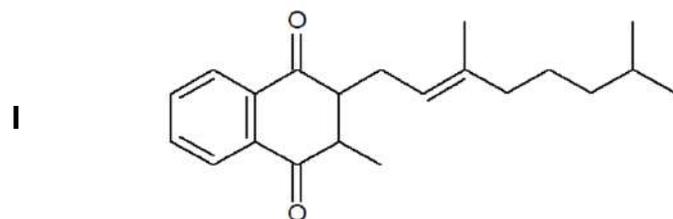
4. (UERJ) Na tabela a seguir, são relacionados quatro hormônios esteroides e suas correspondentes funções orgânicas.

HORMÔNIO	FUNÇÃO ORGÂNICA
progesterona	cetona
estrone	fenol e cetona
testosterona	cetona e álcool
estradiol	fenol e álcool

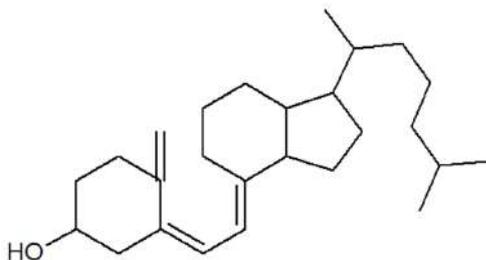
O hormônio que é secretado pelas células de Leydig, encontradas nas gônadas masculinas, é representado pela seguinte estrutura:



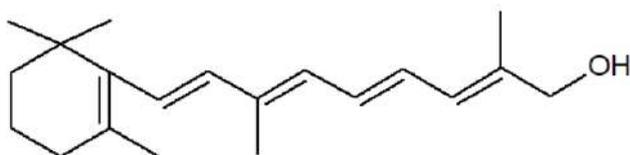
5. (UERJ) Observe as seguintes estruturas de quatro vitaminas lipossolúveis:



III



IV



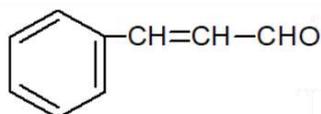
As vitaminas A e D apresentam a função álcool em suas estruturas, a vitamina E apresenta a função fenol, e a vitamina K, a função cetona.

Para manutenção das propriedades de coagulação do sangue, é necessária a absorção da vitamina representada pela estrutura de número:

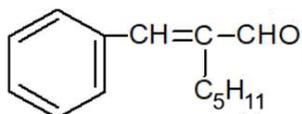
- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV

6. (UERJ) As fragrâncias características dos perfumes são obtidas a partir de óleos essenciais.

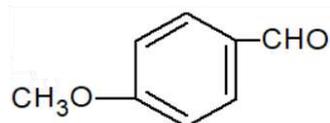
Observe as estruturas químicas de três substâncias comumente empregadas na produção de perfumes:



fragrância de
canela



fragrância de
jasmim



fragrância de
espinheiro-branco

O grupo funcional comum às três substâncias corresponde à seguinte função orgânica:

- A) éter
- B) álcool
- C) cetona
- D) aldeído

7. (UERJ) Para que a “cola de sapateiro” não seja utilizada como droga e também devido à presença de uma substância cancerígena, o tolueno (ou metil benzeno), uma das propostas sugeridas foi a adição de pequena quantidade de formol (ou solução aquosa a 40% de metanal), que, em virtude de seu cheiro forte e irritante, desestimularia a inalação do produto. As substâncias orgânicas citadas, o tolueno e o metanal, apresentam, respectivamente, as seguintes fórmulas moleculares:

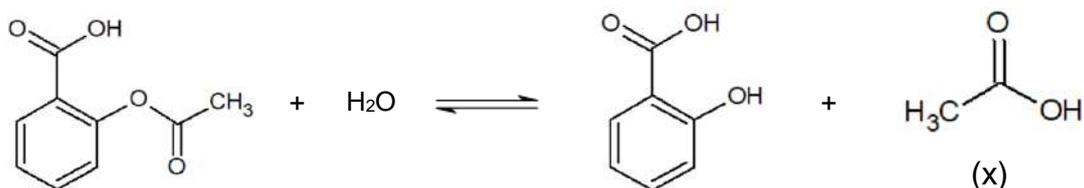
- A) C_7H_{10} e CH_3O .
- B) C_7H_{10} e CH_2O .
- C) C_7H_8 e CH_3O .
- D) C_7H_8 e CH_2O .

8. (UFRRJ adaptada) O corpo humano excreta moléculas de odor peculiar. Algumas são produzidas por glândulas localizadas nas axilas. A substância em questão é o ácido 3-metil-hex-2-enoico.

A cadeia carbônica dessa substância é classificada como:

- A) acíclica, normal, saturada, homogênea.
- B) acíclica, ramificada, insaturada, homogênea.
- C) acíclica, ramificada, saturada, heterogênea.
- D) alifática, normal, saturada, heterogênea.
- E) alicíclica, ramificada, saturada, homogênea.

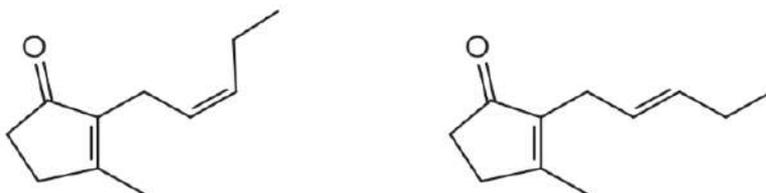
9. (UERJ) O ácido acetilsalicílico é um medicamento usado no combate à febre e à dor. No organismo, ele é hidrolisado, formando o ácido salicílico que é um composto X, conforme representado na equação química abaixo.



O composto X, formado nessa reação, é denominado:

- A) etanoato de etila
- B) ácido etanoico
- C) etoxietano
- D) etanol

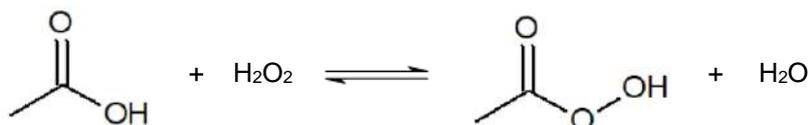
10. (UERJ) A flor do jasmim é popular no Brasil, sendo admirada por sua beleza e aroma agradável. Os principais compostos responsáveis por seu aroma estão representados a seguir.



Analisando as fórmulas estruturais desses compostos isoméricos, identifique a função orgânica existente neles:

- A) cetona
- B) aldeído
- C) éter
- D) ácido carboxílico

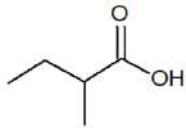
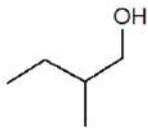
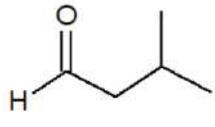
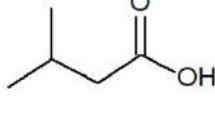
11. (UERJ) Considere a reação química representada abaixo, utilizada para produzir determinado desinfetante.



O nome do reagente orgânico presente nessa reação é:

- A) etanol
- B) propanona
- C) ácido etanoico
- D) propanoato de metila

12. (UERJ) O acúmulo do ácido 3-metilbutanoico no organismo humano pode gerar transtornos à saúde. A fórmula estrutural desse ácido é representada por:

- A) 
- B) 
- C) 
- D) 

13. (Enem) As cetonas fazem parte de famílias olfativas encontradas em muitos alimentos. A molécula de hexan-3-ona é um exemplo desses compostos voláteis responsáveis pelo aroma, podendo ser obtida por processos energéticos realizados em meio ácido, na presença de oxidantes como o permanganato de potássio. Para se produzir esse composto volátil em laboratório, deve-se oxidar a molécula de:

- A) hexanal.
- B) hexan-1-ol.
- C) hexan-3-ol.
- D) hex-1-en-1-ol.
- E) ácido hexanoico.

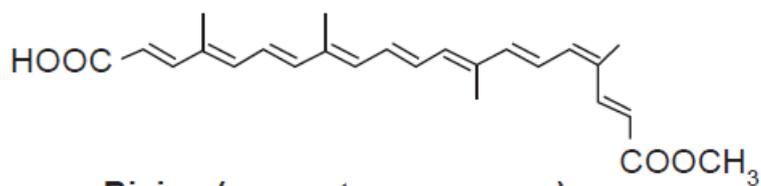
14. (Enem) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxic-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxic-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

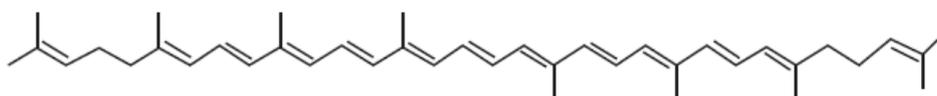
As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

- A) fórmula estrutural.
- B) fórmula molecular.
- C) identificação dos tipos de ligação.
- D) contagem do número de carbonos.
- E) identificação dos grupos funcionais.

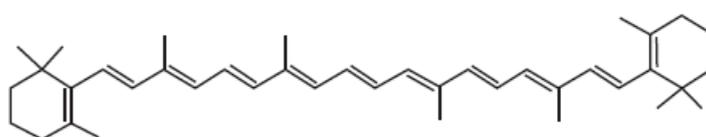
15. (Enem) A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.



Bixina (presente no urucum)



Licopeno (presente no tomate)



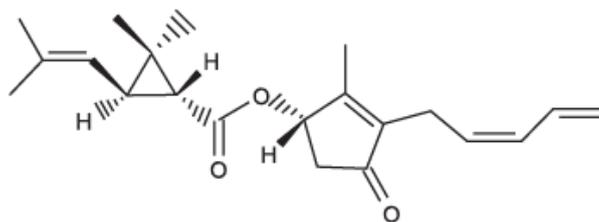
β-caroteno (presente na cenoura e na laranja)

HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

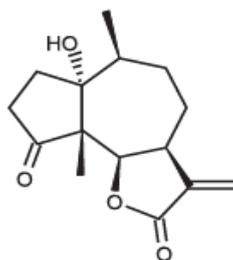
A propriedade comum às estruturas que confere cor a esses compostos é a presença de

- A) cadeia conjugada.
- B) cadeia ramificada.
- C) átomos de carbonos terciários.
- D) ligações duplas de configuração cis.
- E) átomos de carbonos de hibridação sp^3 .

16. (Enem) A produção mundial de alimentos poderia se reduzir a 40% da atual sem a aplicação de controle sobre as pragas agrícolas. Por outro lado, o uso frequente dos agrotóxicos pode causar contaminação em solos, águas superficiais e subterrâneas, atmosfera e alimentos. Os biopesticidas, tais como a piretrina e a coronopilina, têm sido uma alternativa na diminuição dos prejuízos econômicos, sociais e ambientais gerados pelos agrotóxicos.



Piretrina

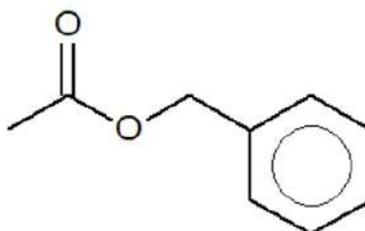


Coronopilina

Identifique as funções orgânicas presentes simultaneamente nas estruturas dos dois biopesticidas apresentados:

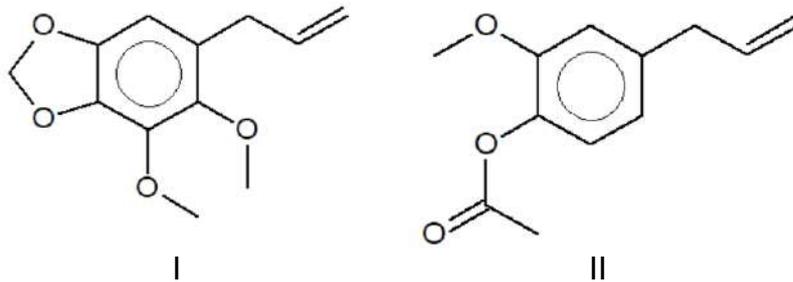
- A) Éter e éster.
- B) Cetona e éster.
- C) Álcool e cetona.
- D) Aldeído e cetona.
- E) Éter e ácido carboxílico.

17. (PUC-RJ) A substância representada possui um aroma agradável e é encontrada em algumas flores, como gardênia e jasmim. De acordo com as regras da IUPAC, a sua nomenclatura é:



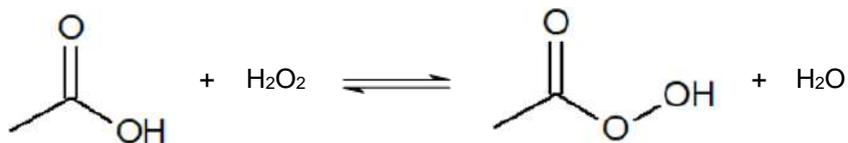
- A) etanoato de fenila.
- B) etanoato de benzila.
- C) etanoato de heptila.
- D) acetato de fenila.
- E) acetato de heptila.

18. (PUC-RJ) Nas estruturas de ambas as substâncias I e II, está presente a função orgânica:



- A) álcool.
- B) aldeído.
- C) cetona.
- D) éster.
- E) éter.

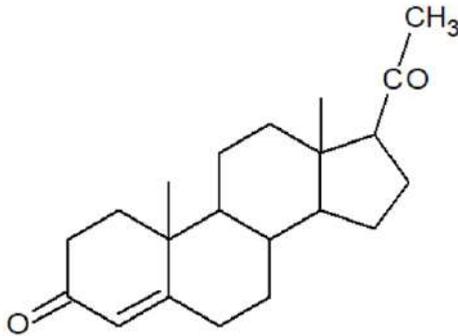
19. (UERJ) Considere a reação química representada abaixo, utilizada para produzir determinado desinfetante.



O nome do reagente orgânico presente nessa reação é:

- A) etanol
- B) propanona
- C) ácido etanoico
- D) propanoato de metila

20. (Unirio-RJ) Uma recente pesquisa da Universidade da Califórnia publicada no Journal of the American Medical Association relacionou a terapia de reposição hormonal pós-menopausa ao aumento do risco de desenvolvimento de câncer de mama, pois os hormônios alteram as características dos tumores e atrasam, assim, o diagnóstico da doença. Há dois tipos distintos de hormônios sexuais femininos, sendo um deles a progesterona, cuja estrutura apresenta um grupo funcional correspondente à função:



- A) ácido carboxílico.
- B) cetona.
- C) aldeído.
- D) éster.
- E) álcool.

UNIDADE 3

FUNÇÕES ORGÂNICAS NITROGENADAS

Aminas

Amina pode ser considerada como uma substância derivada da amônia (NH_3), nos quais os hidrogênios são substituídos por grupos orgânicos.

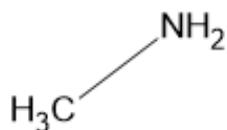
As aminas podem ser classificadas de acordo com o número de átomos de hidrogênio da molécula da amônia que foram substituídos. Quando apenas um átomo de hidrogênio foi substituído, a amina é primária. Quando dois átomos de hidrogênio foram substituídos, a amina é secundária. A amina é terciária quando todos os átomos de hidrogênio foram substituídos.

Classificação	Característica	Exemplo
Amina primária	Há 2 átomos de H ligados ao N	$\text{NH}_2 - \text{CH}_3$
Amina secundária	Há 1 átomo de H ligado ao N	$\text{H}_3\text{C} - \text{NH} - \text{CH}_3$
Amina terciária	Não há átomo de H ligado ao N	$ \begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \text{N} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \end{array} $

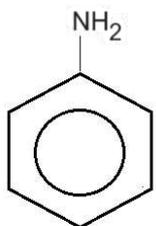
Nomenclatura

Grupos orgânicos ligados ao nitrogênio (em ordem alfabética) + AMINA

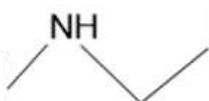
Exemplos:



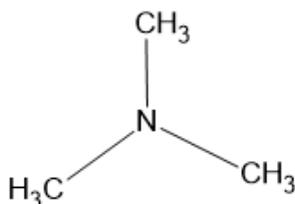
metilamina



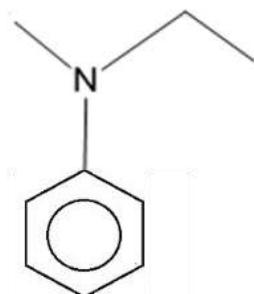
fenilamina (ou anilina)



etil-metilamina



trimetilamina

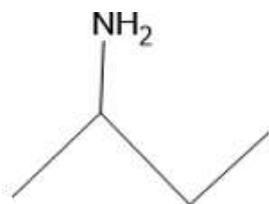


etil-fenil-metilamina

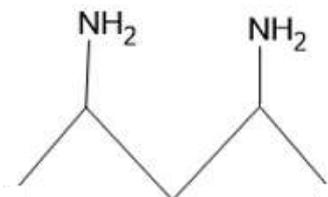
No caso de aminas primárias e estruturas mais complexas, o grupo – NH₂ é chamado de **amino**, sendo tratado como um grupo substituinte. Isso leva a outra regra de nomenclatura não oficial:

Posição do grupo amino + AMINO + nome do hidrocarboneto

Exemplos:



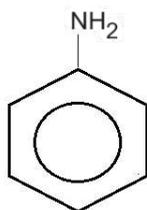
2-amino-butano



2,4-diamino-pentano

CURIOSIDADE

Uma amina importante é a **fenilamina**, também chamada de **anilina**, usada para se obter corantes de diversas tonalidades.

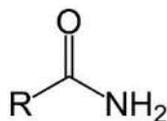


fenilamina ou anilina

Outras substâncias que possuem a função amina em suas moléculas são estimulantes como a cafeína, medicamentos como morfina e fluoxetina e drogas, como cocaína, anfetaminas e nicotina.

Amidas

Amida é uma substância que o grupamento amino ligado diretamente a uma carbonila.



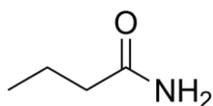
Representação de uma amida genérica

Ela pode ser formada pela reação química entre um ácido carboxílico e a amônia ou uma amina.

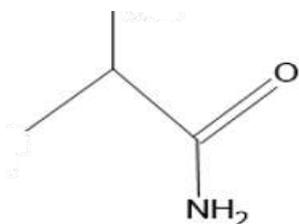
Nomenclatura

Nome do hidrocarboneto + AMIDA

Exemplos:



butanamida



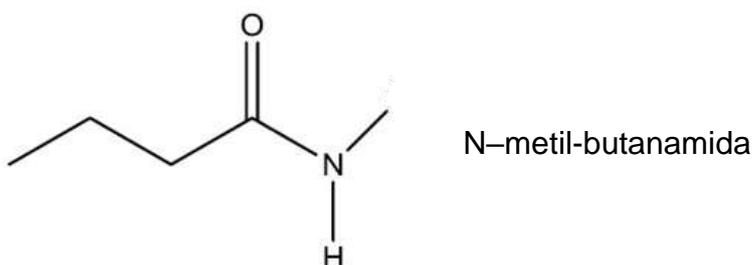
metil-propanamida

Os átomos de hidrogênio do grupamento amino podem ser substituídos, dando origem a outras duas classes de amidas:

- **Amida monossustituída:** um dos hidrogênios do grupo amino foi substituído por um grupo orgânico.

Na sua nomenclatura, usa-se a letra N à frente do nome do grupo substituinte ligado ao grupo amino.

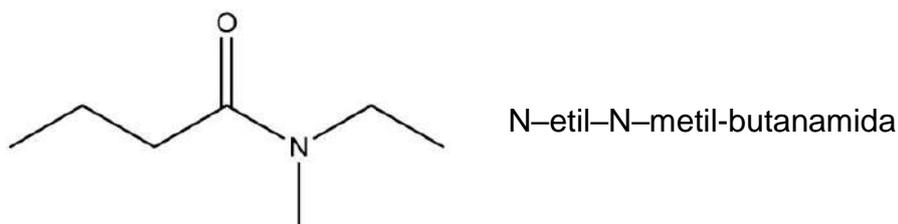
Exemplo:



- **Amida dissustituída:** os dois hidrogênios do grupo amida foram substituídos por grupos orgânicos.

Na sua nomenclatura, usa-se a letra N à frente do nome de cada grupo substituinte ligado ao grupo amino. Os grupos substituintes são citados em ordem alfabética.

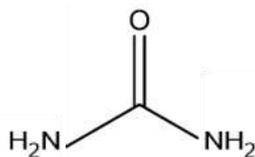
Exemplo:



CURIOSIDADE

As amidas são muito utilizadas como fertilizantes, por serem substâncias que possuem o elemento químico nitrogênio.

Uma das amidas mais importantes é a ureia, primeira substância orgânica sintetizada em laboratório e que está presente na urina dos seres humanos.



Ureia

Em solução aquosa, como a urina, a ureia pode se decompor em dióxido de carbono (CO₂) e amônia (NH₃). O gás amônia ou amoníaco confere odor desagradável a um banheiro não limpo, por exemplo.

Nitrilas

Nitrila é uma substância formada pela substituição do hidrogênio do ácido cianídrico (HCN), que é um ácido inorgânico, por um grupo orgânico, ou seja, é caracterizada pela ligação entre um grupo orgânico e o ânion cianeto (CN⁻).

Nomenclatura

Nome do hidrocarboneto + NITRILA

Exemplos:



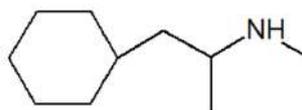
etanonitrila

butanonitrila



TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

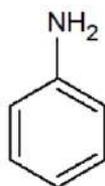
1. Em remédios que combatem a gripe pode-se encontrar a substância representada pela estrutura abaixo:



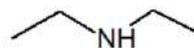
Ela pertence a que função orgânica?

2. O cheiro rançoso de peixe é causado por aminas de baixa massa molar. Uma dessas aminas responsáveis pelo odor desagradável de peixe é a trimetilamina. Escreva as suas fórmulas estrutural em linha de ligação e molecular.

3. Classifique as aminas a seguir em primária, secundária ou terciária.

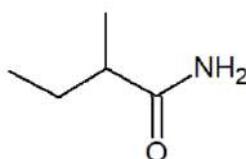


fenilamina

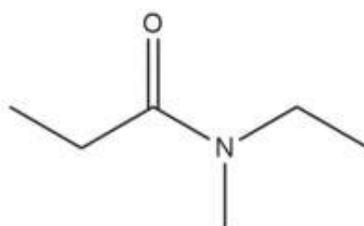


dietilamina

4. Apresente o nome da substância a seguir:



5. Considere a substância a seguir:



- Ela pertence a que função orgânica?
- Qual é a sua nomenclatura oficial?

QUESTÕES DE VESTIBULAR

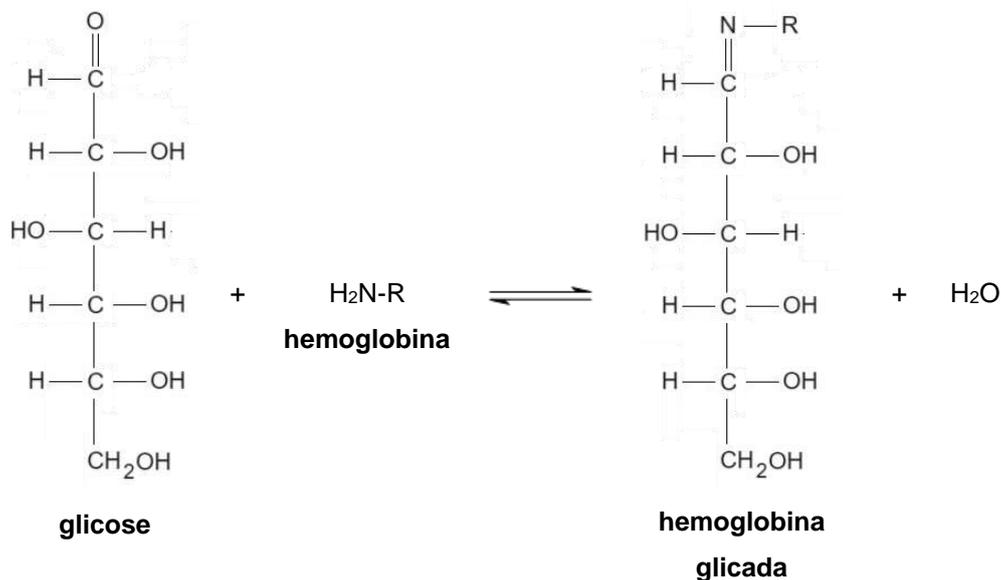
1. (Enem) Com o objetivo de proporcionar aroma e sabor a diversos alimentos, a indústria alimentícia se utiliza de flavorizantes. Em geral, essas substâncias são ésteres, como as apresentadas no quadro.

Nome	Fórmula	Aroma
Benzoato de metila	$C_6H_5CO_2CH_3$	Kiwi
Acetato de isoamila	$CH_3CO_2(CH_2)_2CH(CH_3)_2$	Banana
Acetato de benzila	$CH_3CO_2CH_2C_6H_5$	Pêssego
Propanoato de isobutila	$CH_3CH_2CO_2CH_2CH(CH_3)_2$	Rum
Antranilato de metila	$C_6H_4NH_2CO_2CH_3$	Uva

O aroma do flavorizante derivado do ácido etanoico e que apresenta cadeia carbônica saturada é de

- A) kiwi.
- B) banana.
- C) pêssego.
- D) rum.
- E) uva.

2. (UERJ) A hemoglobina glicada é um parâmetro de análise sanguínea que expressa a quantidade de glicose ligada às moléculas de hemoglobina. Essa ligação ocorre por meio da reação representada a seguir:



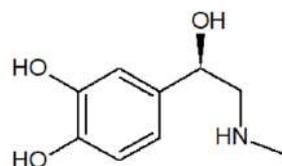
O grupamento funcional da molécula de glicose que reage com a hemoglobina corresponde à função orgânica denominada:

- A) amina
- B) álcool
- C) cetona
- D) aldeído

3. (UERJ) Assim como o cortisol, o hormônio adrenalina também é produzido pelas glândulas suprarrenais. Observe as fórmulas estruturais das moléculas correspondentes a esses hormônios:



Cortisol

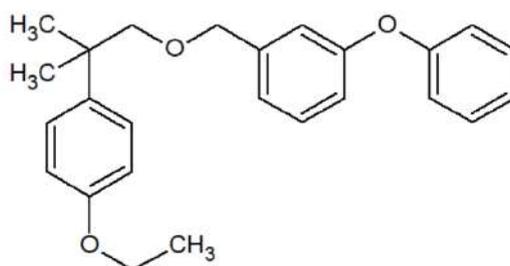


Adrenalina

Em ambas as moléculas, observa-se uma mesma função orgânica, que é denominada:

- A) fenol
- B) amina
- C) álcool
- D) cetona

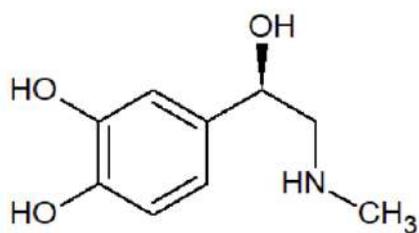
4. (PUC-RJ) O etofenproxi, cuja estrutura química está representada a seguir é um inseticida de ampla atuação.



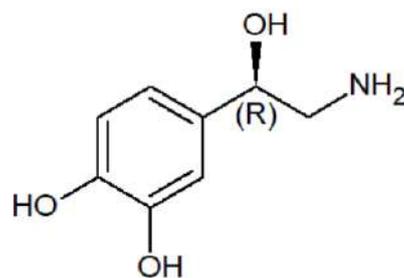
Na estrutura química do etofenproxi, está presente a função orgânica:

- A) cetona.
- B) éster.
- C) éter.
- D) amina.
- E) ácido carboxílico.

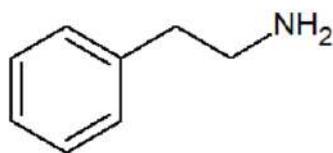
5. (Enem) Você já ouviu essa frase: rolou uma química entre nós! O amor é frequentemente associado a um fenômeno mágico ou espiritual, porém existe a atuação de alguns compostos em nosso corpo, que provocam sensações quando estamos perto da pessoa amada, como coração acelerado e aumento da frequência respiratória. Essas sensações são transmitidas por neurotransmissores, tais como adrenalina, noradrenalina, feniletilamina, dopamina e as serotoninas.



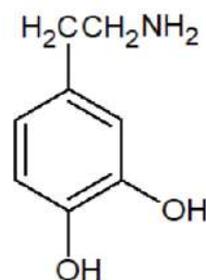
Adrenalina



Noradrenalina



Feniletilamina



Dopamina



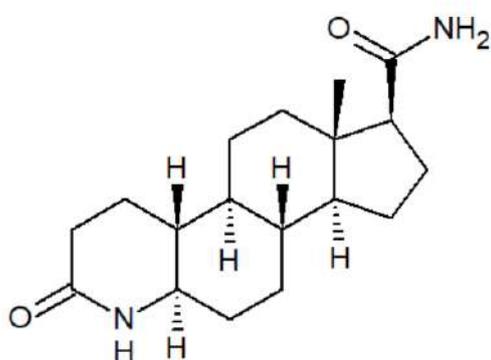
Serotonina

Os neurotransmissores citados possuem em comum o grupo funcional característico da função

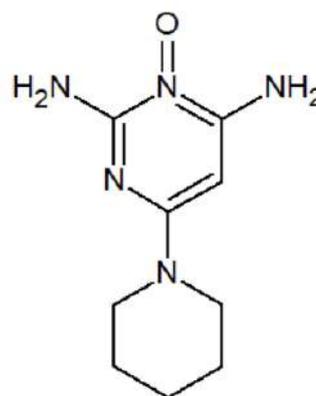
- A) éter.
- B) álcool.
- C) amina.
- D) cetona.
- E) ácido carboxílico.

6. (FEMPAR) A finasterida, um medicamento originalmente usado para o tratamento de problemas na próstata, mostrou-se eficiente no tratamento da calvície, induzindo o crescimento de novos fios. O minoxidil também é usado nesse tratamento, pois impede a queda precoce dos cabelos, permitindo que eles cresçam por mais tempo. Por isso mesmo, muitos médicos gostam de usar os dois medicamentos conjugados.

As fórmulas estruturais que representam as moléculas da finasterida e do minoxidil são apresentadas a seguir.



Finasdterida



Minoxidil

A respeito dos grupos funcionais presentes nas estruturas da finasterida e do minoxidil, assinale a afirmativa correta.

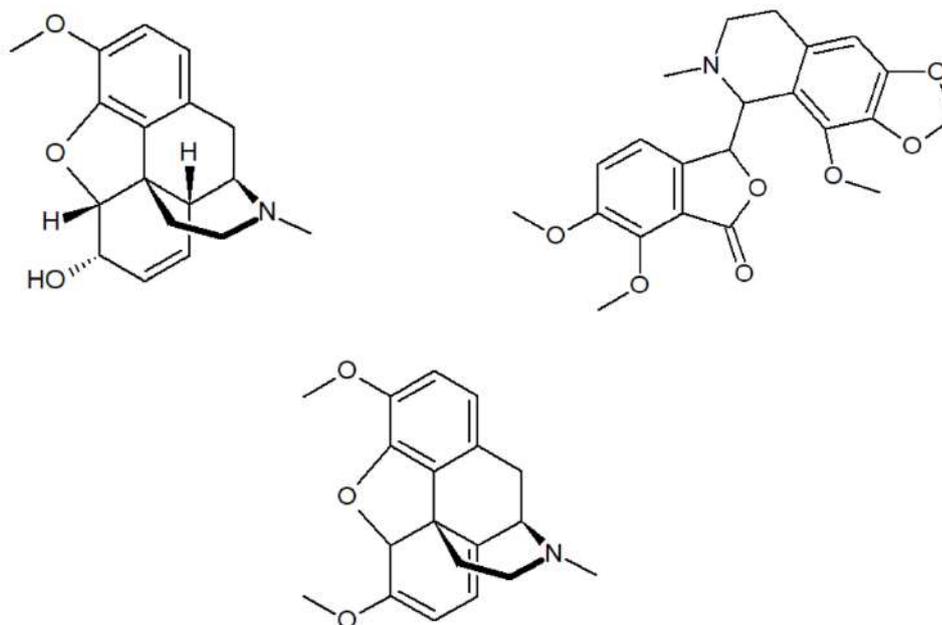
- A) Apenas a finasterida apresenta grupo funcional de cetonas.
- B) Apenas o minoxidil apresenta grupo funcional de aminas.
- C) Ambos apresentam grupos funcionais de cetonas.
- D) Ambos apresentam grupos funcionais de aldeídos.
- E) Ambos apresentam grupos funcionais de aminas.

7. (FEMPAR) Um grupo de cisnes ficou viciado em ópio depois de terem entrado em um campo de papoulas na Eslováquia. É possível que os cisnes tenham chegado ao campo quando um lago temporário se formou lá após fortes chuvas. Outra possibilidade é a de que eles tenham confundido os pés de papoula, que tem um látex usado para produzir anestésicos viciantes, com colza, uma das plantas favoritas das aves.

Adaptado de:

https://oglobo.globo.com/mundo/epoca/noticia/2023/06/cisnesinvadem-campo-de-papoulas-e-ficam-viciados-em-opio-na-eslovaquiaentenda.ghtml?utm_source=aplicativoOGlobo&utm_medium=aplicativo&utm_campaign=compartilhar. Acesso em 22/07/2023.

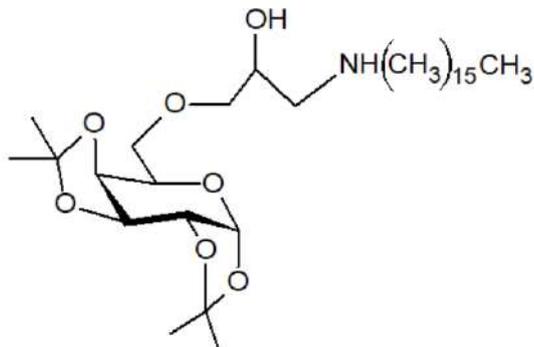
Analise a seguir as estruturas de três compostos presentes no látex das papoulas.



As funções orgânicas comuns aos três compostos são

- A) éter e amina.
- B) éter e amida.
- C) álcool e amina.
- D) éster e álcool.
- E) éster e amida.

8. (Uea-sis 3) A substância cuja fórmula estrutural está representada a seguir apresenta atividade antimicrobacteriana.



Estão presentes na estrutura dessa molécula os grupos funcionais característicos das funções

- A) álcool, amina e éter.
- B) álcool, amida e éster.
- C) álcool, amida e éter.
- D) fenol, amina e éter.
- E) fenol, amina e éster.

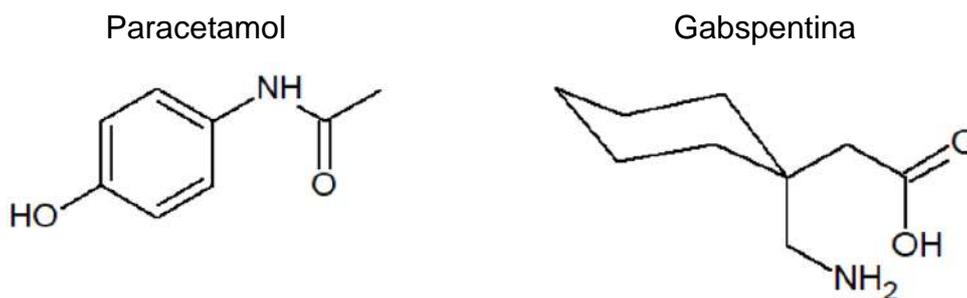
9. (PUC-campinas)

Medicamentos poluem rios em todos os continentes

Analgésicos, antidepressivos, antialérgicos e anti-hipertensivos podem ser encontrados não só em farmácias e hospitais, mas também em rios do mundo inteiro. Um grupo de 127 pesquisadores de 86 centros de pesquisa, incluindo brasileiros, encontrou resíduos de 73 fármacos em amostras de água de 1.052 locais em 258 rios de todos os continentes. Cerca de 470 milhões de pessoas vivem próximas aos locais em que foram examinadas as amostras de água. Os compostos químicos encontrados nas concentrações mais elevadas foram o analgésico paracetamol, o estimulante cafeína, o antidiabético metformina, o antialérgico fexofenadina, os antibióticos sulfametoxazol e metronidazol e o anticonvulsivante gabapentina. Rios de países pobres na Ásia, África e América

do Sul foram os mais poluídos. A maior concentração encontrada (227 microgramas por litro) foi de paracetamol em um ponto de coleta no rio Seke próximo a um depósito de lixo e despejo de esgoto em La Paz, na Bolívia. (PNAS, 14 de fevereiro).

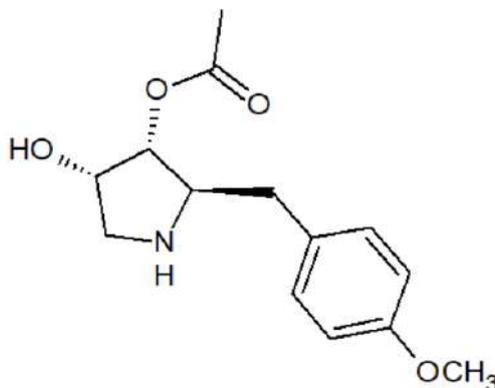
(Adaptado de: *Revista Pesquisa Fapesp*, junho de 2022, p. 16)



A gabapentina possui os grupos funcionais:

- A) amina e éster.
- B) amina e ácido carboxílico.
- C) amida e éter.
- D) fenol e ácido carboxílico.
- E) fenol e éster.

10. (PUC-RJ) A anisomicina é um antibiótico que atua inibindo a síntese proteica. Recentemente, essa substância foi avaliada como um fármaco para tratamento de algumas patologias do Sistema Nervoso Central.

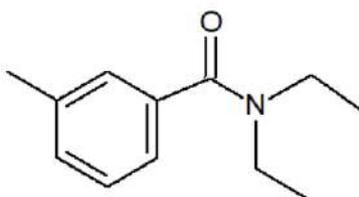


Anisomicina

Dentre as funções orgânicas presentes na estrutura da anisomicina, estão:

- A) álcool, éster e amina secundária
- B) cetona, éter e amina
- C) aldeído, éter e álcool
- D) amina primária, éter e éster
- E) amida, álcool e éster

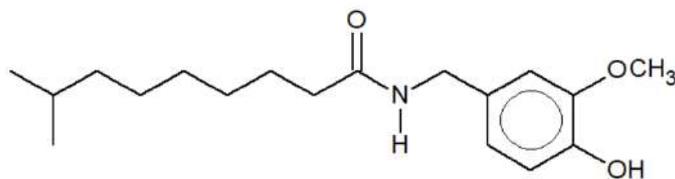
11. (UERJ) Observe a fórmula estrutural plana da DEET, substância empregada como repelente de insetos:



Com base na análise dessa estrutura química, verifica-se que a DEET pertence à seguinte função orgânica:

- A) éter
- B) amina
- C) amida
- D) cetona

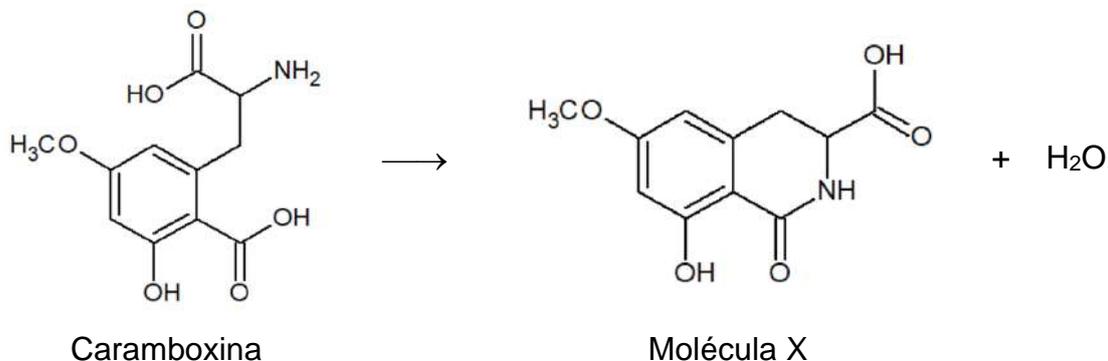
12. (PUC-RJ) A seguir está representada a estrutura da dihidrocapsaicina, uma substância comumente encontrada em pimentas e pimentões.



Na dihidrocapsaicina, está presente, entre outras, a função orgânica

- A) álcool.
- B) amina.
- C) amida.
- D) éster.
- E) aldeído.

13. (UERJ) Em determinadas condições, a toxina presente na carambola, chamada caramboxina, é convertida em uma molécula X sem atividade biológica, conforme representado abaixo.

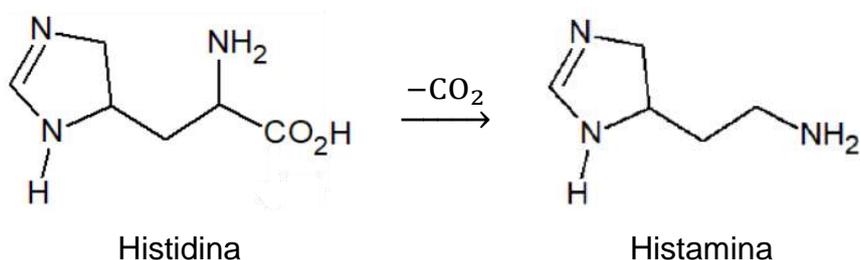


Nesse caso, dois grupamentos químicos presentes na caramboxina reagem formando um novo grupamento.

A função orgânica desse novo grupamento químico é denominada:

- A) éster
- B) fenol
- C) amida
- D) cetona

14. (PUC-RJ) A histamina é uma substância que pode ser encontrada no organismo humano, proveniente da descarboxilação da histidina, conforme representado a seguir.



Nas estruturas de histidina e histamina, estão presentes as funções orgânicas:

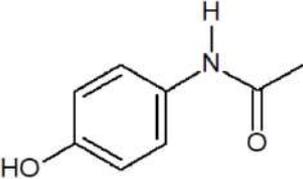
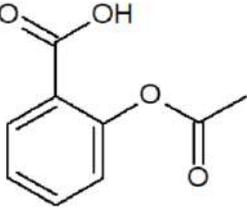
- A) amida e amina.
- B) aldeído e amina.

- C) aldeído e amida.
 D) ácido carboxílico e amina.
 E) ácido carboxílico e amida.

15. (UERJ) Algumas doenças infecciosas, como a dengue, são causadas por um arbovírus da família *Flaviridae*.

São conhecidos quatro tipos de vírus da dengue, denominados DEN 1, DEN 2, DEN 3 e DEN 4; os três primeiros já produziram epidemias no Brasil.

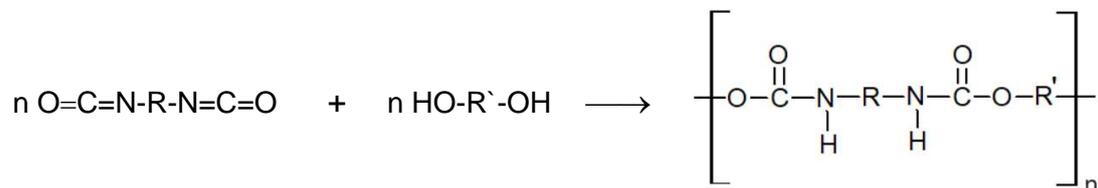
A doença, transmitida ao homem pela picada da fêmea infectada do mosquito *Aedes aegypti*, não tem tratamento específico, mas os medicamentos frequentemente usados contra febre e dor devem ser prescritos com cautela. Na tabela a seguir são apresentadas informações sobre dois medicamentos:

Medicamento	Fórmula estrutural	Massa molar (g.mol ⁻¹)
paracetamol		151
ácido acetilsalicílico		180

Na estrutura do paracetamol está presente a seguinte função da química orgânica:

- A) éter
 B) amida
 C) cetona
 D) aldeído

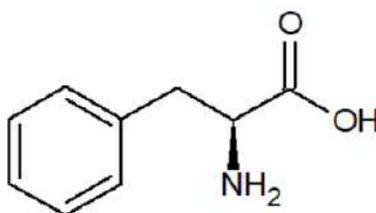
16. (UERJ) As bolas de futebol são feitas, atualmente, de poliuretano, um polímero sintético cuja obtenção pode ser representada pela seguinte equação química, na qual R e R' são cadeias de hidrocarbonetos:



Pode-se observar, na molécula de poliuretano assim obtida, a formação de um grupo correspondente à seguinte função química:

- A) ácido
- B) amida
- C) álcool
- D) aldeído

17. (PUC-RJ) Nossos corpos podem sintetizar onze aminoácidos em quantidades suficientes para nossas necessidades. Não podemos, porém, produzir as proteínas para a vida a não ser ingerindo os outros nove, conhecidos como aminoácidos essenciais.

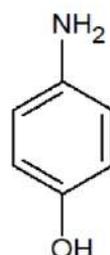
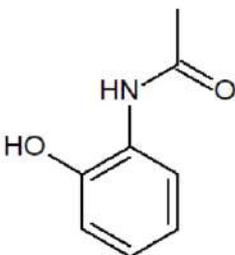
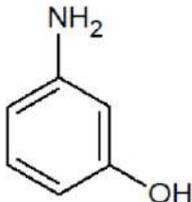
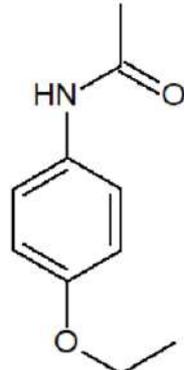
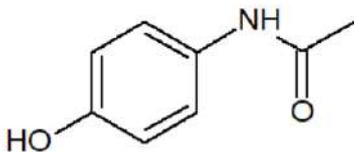


Assinale a alternativa que indica apenas funções orgânicas encontradas no aminoácido essencial fenilalanina, mostrada na figura anterior.

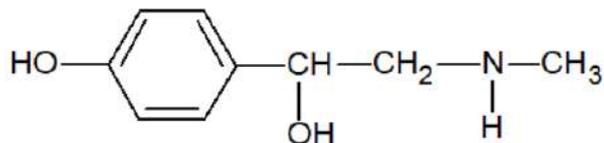
- A) Álcool e amida.
- B) Éter e éster.
- C) Ácido orgânico e amida.
- D) Ácido orgânico e amina primária.
- E) Amina primária e aldeído.

18. (UFRGS) O paracetamol é um fármaco com propriedades analgésicas e antipiréticas, utilizado essencialmente para tratar a febre e a dor leve e moderada.

Considerando que esse composto possui um anel aromático para substituído e as funções orgânicas amida e fenol, assinale a alternativa que apresenta a estrutura química do paracetamol.

- A) 
- B) 
- C) 
- D) 
- E) 

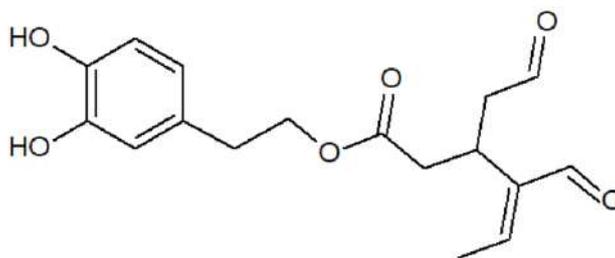
19. (Mackenzie-SP) A adrenalina tem fórmula estrutural dada abaixo:



Neste composto podemos identificar os seguintes grupos funcionais:

- A) Fenol, álcool, amina
- B) Álcool, nitrocomposto e aldeído
- C) Álcool, aldeído e fenol
- D) Enol, álcool e cetona
- E) Cetona, álcool e fenol

20. (PUC-RJ) Na figura abaixo, é mostrada a oleaceína, uma molécula encontrada no azeite de oliva, que apresenta atividades anti-inflamatória e antioxidante.



Oleaceína

Dentre as funções orgânicas presentes na molécula da oleaceína, estão:

- A) fenol, éster e aldeído
- B) fenol, cetona e éster
- C) enol, éster e amida
- D) éter, aldeído e álcool
- E) amida, fenol e ácido carboxílico

UNIDADE 4

OUTRAS FUNÇÕES ORGÂNICAS

Haleto orgânicos

Haleto orgânico é uma substância que possui pelo menos 1 átomo de halogênio (F, Cl, Br, I) ligado a uma cadeia derivada de um hidrocarboneto.

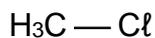
Nomenclatura

Há duas formas de se denominar um haleto orgânico.

1ª forma:

Posição do halogênio + nome do halogênio + nome do hidrocarboneto

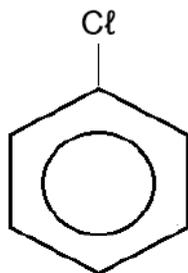
Exemplos:



cloro-metano

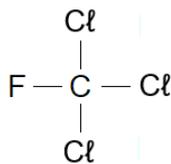


bromo-etano



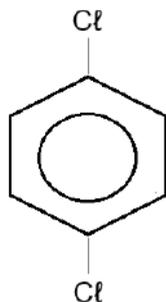
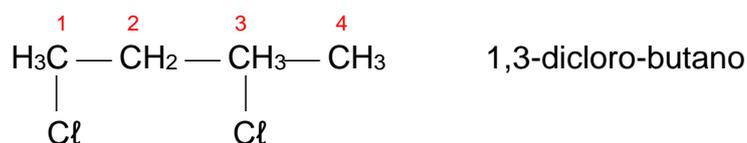
cloro-benzeno

Observe, a seguir, que o nome cloro vem antes de flúor, segundo a ordem alfabética.



triclora-flúor-metano

Se houver mais de uma possibilidade para a posição do halogênio, a cadeia principal deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima ao halogênio.



1,4-dicloro-benzeno

ou

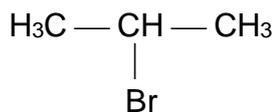
p-dicloro-benzeno

2ª forma:

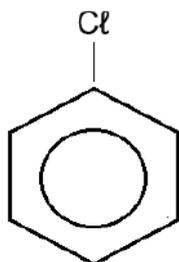
Nome do halogênio + ETO + de + nome do grupo orgânico

Exemplos:

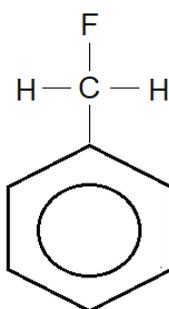




brometo de isopropila



cloro de fenila



fluoreto de benzila

FIQUE POR DENTRO!

Na estratosfera está localizada a camada de ozônio (O₃), cuja espessura é de aproximadamente 15 km. Essa camada filtra os raios ultravioleta (UV) provenientes do sol. Dependendo da intensidade que atingem a pele humana, tais raios podem causar problemas como envelhecimento das células da epiderme, queimaduras e câncer.

Segundo dados experimentais, haletos orgânicos gasosos conhecidos como CFC (clorofluorcarbono) que eram utilizados em aerossóis, aparelhos de ar condicionado, refrigeração, quando chegavam a grandes altitudes, eram capazes de destruir de forma gradativa a camada de ozônio, o que acabava deixando passar maior quantidade de radiação do que o esperado.

Em 1987, foi assinado o Protocolo de Montreal que proibiu a utilização de CFC. Para eliminar o uso do produto, os países desenvolvidos tiveram um prazo até 1996, enquanto que os países em desenvolvimento tiveram um prazo um pouco maior até 2010. No Brasil, a sua importação foi proibida em 2007.

Com o tempo, outras substâncias passaram a ser utilizadas em substituição aos CFC's.

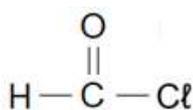
Haleto de acila

Haleto de acila ou **haleto de ácido** é uma substância derivada de um ácido carboxílico através da substituição da hidroxila por um átomo de halogênio (F, Cl, Br, I).

Nomenclatura

nome do halogênio + ETO + de + nome do ácido (- ICO) + ILA

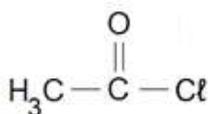
Exemplos:



cloreto de metanoíla

ou

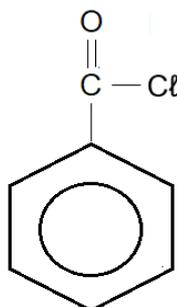
cloreto de formila



cloreto de etanoíla

ou

cloreto de acetila

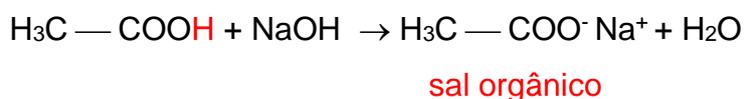


cloreto de benzoíla

Sais orgânicos

Um **sal orgânico** ou **sal de ácido carboxílico** é formado pela reação entre um ácido carboxílico e uma base. Neste processo, o cátion da base troca de lugar com H⁺ do ácido, que por sua vez reage com a hidroxila (OH⁻) da base para formar água.

Exemplo:



Nomenclatura

Nome do ácido retirando “ácido” e trocando ICO por ATO + de + nome do cátion

Exemplos:

HCOOK

metanoato de potássio

ou

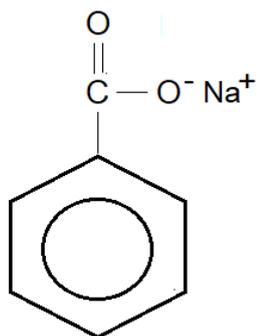
formiato de potássio

H₃C — COONa

etanoato de sódio

ou

acetato de sódio



benzoato de sódio

Nitrocompostos

Nitrocomposto é uma substância orgânica que possui o grupamento funcional nitro (-NO₂).

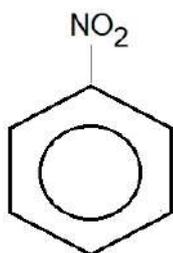
Nomenclatura

Posição do grupamento funcional + NITRO + nome do hidrocarboneto

Exemplos:

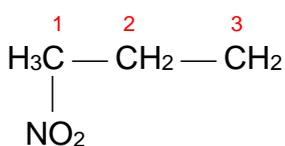


nitro-metano

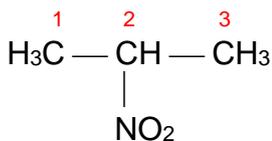


nitro-benzeno

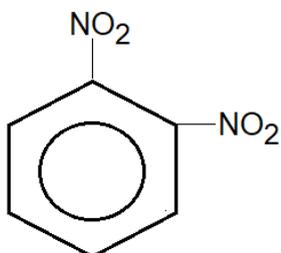
Se houver a necessidade de numerar a cadeia principal para indicar a posição do grupo nitro, ela deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima ao grupo funcional.



1-nitro-propano



2-nitro-propano



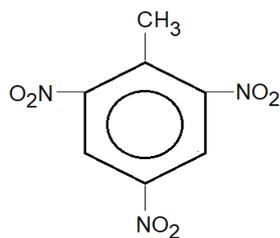
1,2-dinitro-benzeno

ou

o-dinitro-benzeno

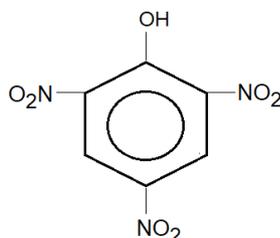
ATENÇÃO!

Os nitrocompostos a seguir são utilizados como explosivos.



2,4,6-trinitro-tolueno

(TNT)



2,4,6-trinitro-fenol

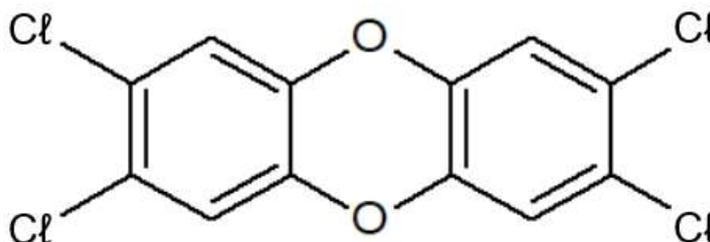
(ácido pícrico)

No 2,4,6-trinitro-toleno, o carbono que possui o grupamento metil recebe o número 1, pois o tolueno é considerado cadeia principal.

No 2,4,6-trinitro-fenol, a numeração começa pelo carbono que possui o grupo hidroxila, pois o fenol é considerado cadeia principal.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. Apesar de possuir halogênios, a molécula da substância 2,3,7,8-tetraclorodibenzeno-para-dioxina é apolar, devido a sua geometria simétrica, conforme a estrutura a seguir:



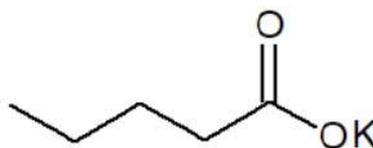
Tal substância é um organoclorado muito tóxico e também é conhecida como TCDD.

Apresente a fórmula molecular desta substância.

2. O clorofórmio ou tricloro-metano é uma substância com odor característico, volátil e líquida em condições ambientes. Ela é usada como solvente em vernizes, ceras, gorduras, óleos, graxas, funciona como agente de limpeza à seco, anestésico, além de ser intermediária na fabricação de corantes, agrotóxicos e de hidroclorofluorcarbonos (HCFC).

Represente sua fórmula estrutural em bastão da molécula de clorofórmio.

3. Considere a substância a seguir:



Apresente a sua nomenclatura oficial da IUPAC.

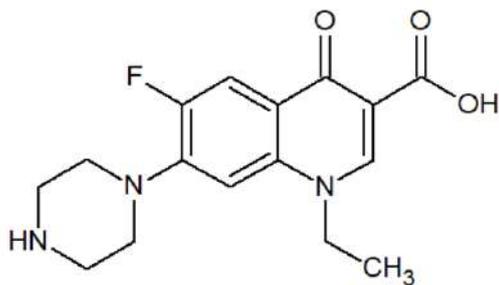
4. Relacione as colunas.

- I. 1,3-dinitro-benzeno () Haleto orgânico
- II. Dicloro-metano () Nitrocomposto
- III. Brometo de metanoíla () Sal orgânico
- IV. Acetato de lítio () Haleto de acila

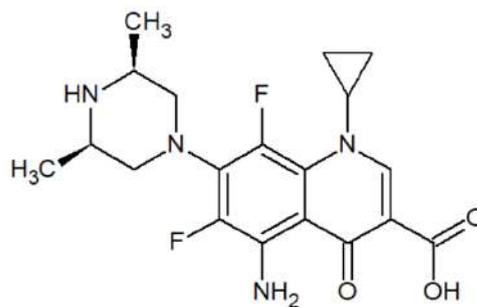
5. O 2,4,6-trinitro-toleno (TNT) é um exemplo de nitrocomposto com propriedades explosivas. Apresente a estrutura da molécula desta substância.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

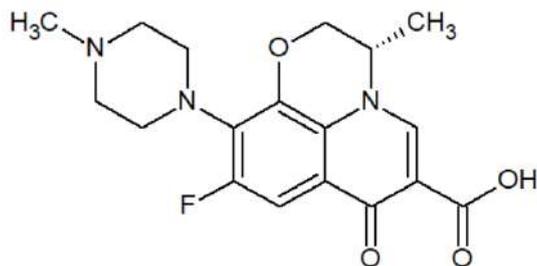
1. (PUC-RJ) Fluorquinolonas constituem uma classe de antibióticos capazes de combater diferentes tipos de bactérias. A norfloxacin, a esparfloxacin e a levofloxacin são alguns dos membros da família das fluorquinolonas.



norfloxacin



esparfloxacin

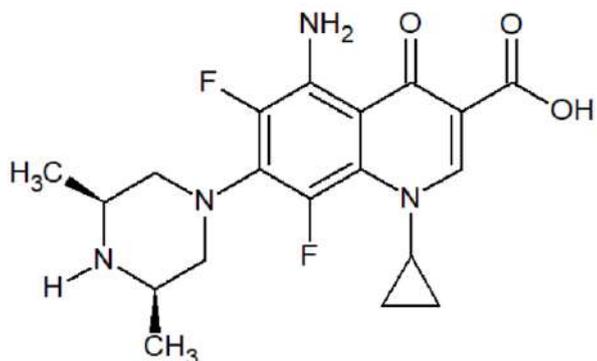


levofloxacin

De acordo com as informações acima, é INCORRETO afirmar que:

- A) a norfloxacin apresenta um grupo funcional cetona em sua estrutura.
- B) a norfloxacin e a esparfloxacin apresentam os grupos funcionais amina e ácido carboxílico em comum.
- C) a esparfloxacin apresenta cadeia carbônica insaturada.
- D) a norfloxacin e a levofloxacin apresentam grupo funcional amida.
- E) a levofloxacin apresenta anel aromático.

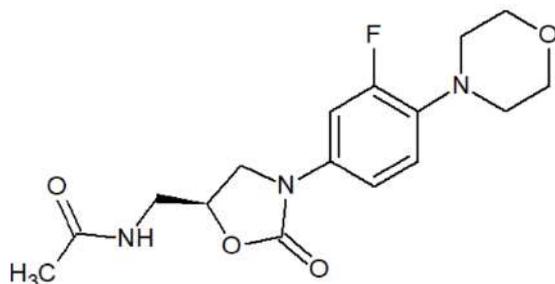
2. (PUC-RJ) A esparfloxacina é uma substância pertencente à classe das fluoroquilonas, que possui atividade biológica comprovada.



Analise a estrutura e indique as funções orgânicas presentes:

- A) amida e haleto orgânico.
- B) amida e éster.
- C) aldeído e cetona.
- D) ácido carboxílico e aldeído.
- E) ácido carboxílico e amina.

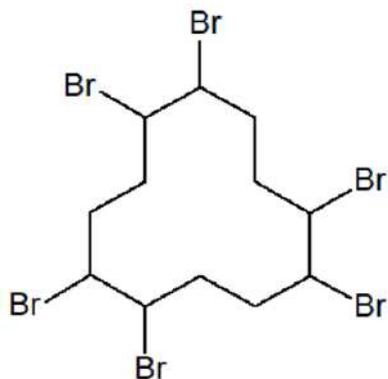
3. (PUC-RJ) A linezolida, cuja estrutura é mostrada na Figura abaixo, é um antibiótico sintético da classe das oxazolidinonas utilizado no tratamento de infecções causadas por micro-organismos multirresistentes.



Considerando-se a estrutura da linezolida, verifica-se que essa molécula possui

- A) 15 carbonos
- B) 20 hidrogênios
- C) as funções cetona e éter
- D) as funções aldeído e álcool
- E) pelo menos um carbono com hibridização sp

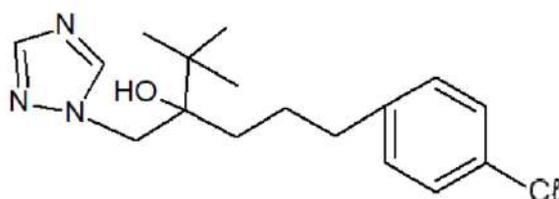
4. (PUC-RJ) A substância química representada a seguir é utilizada na fabricação de espumas, por conta de seu efeito de retardar a propagação de chamas.



Nessa substância, está presente a função orgânica

- A) amina
- B) aldeído
- C) cetona
- D) ácido carboxílico
- E) haleto orgânico

5. (PUC-RJ) A estrutura química representada a seguir é de uma substância antifúngica muito utilizada em plantações de laranja e maçã, e em outras.



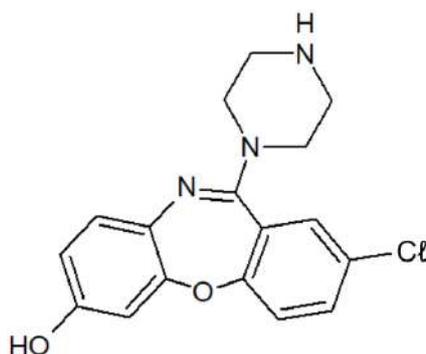
Na estrutura química dessa substância, estão as funções orgânicas:

- A) amida e fenol.
- B) amida e aldeído.
- C) aldeído e álcool.
- D) álcool e haleto orgânico.
- E) haleto orgânico e éter.

6. (FMP) De acordo com um novo estudo publicado na revista *Alzheimer's Research & Therapy*, as drogas imipramina e olanzapina, muito usadas para tratamento de condições psiquiátricas, podem ser benéficas para pessoas com mal de Alzheimer. A pesquisa realizada por uma equipe da Escola de Medicina da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos, buscou encontrar medicamentos capazes de bloquear um gene chamado apolipoproteína E (APOE4), associado a um maior risco de demência. Para, assim, tentar reduzir a chance de alguém desenvolver a doença de Alzheimer.

Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/07/08/medicina-e-saude/estudo-diz-que-duas-drogas-psiquiatricas-muito-usadas-podem-desacelerar-a-progressao-do-alzheimer/>. Acesso em: 20 jul. 2022.

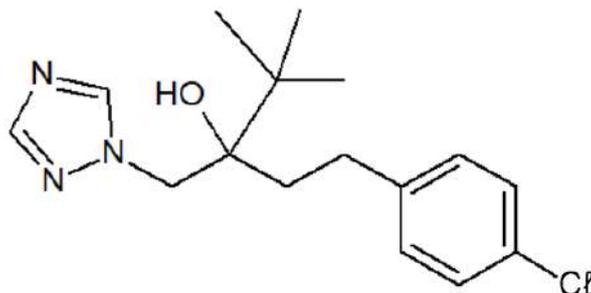
Considere a estrutura química da substância olanzapina a seguir.



Algumas funções orgânicas presentes nessa substância são:

- A) fenol, amida, éter
- B) fenol, amina, éter
- C) álcool, éster, haleto orgânico
- D) haleto orgânico, amina, éster
- E) amina, haleto orgânico, álcool

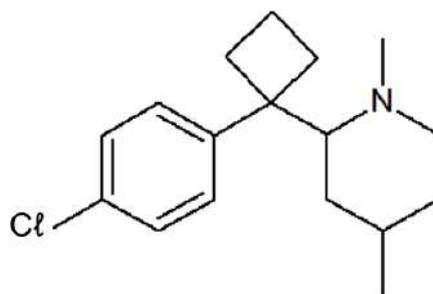
7. (PUC-RJ) O tebuconazol, cuja estrutura está representada a seguir, é um fungicida comumente utilizado na agricultura.



No tebuconazol, estão presentes as funções orgânicas:

- A) fenol e haleto orgânico
- B) álcool e haleto orgânico
- C) cetona e amida
- D) cetona e aldeído
- E) éter e aldeído

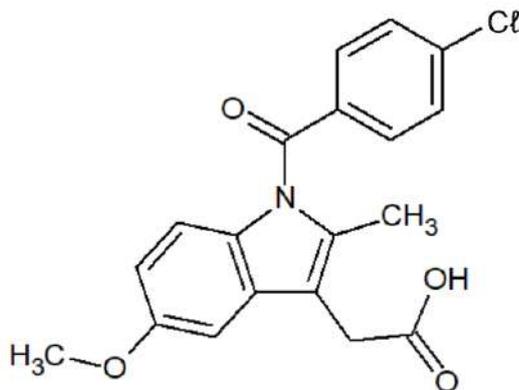
8. (PUC-RJ) A sibutramina (representada abaixo) é um fármaco controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária que tem por finalidade agir como moderador de apetite.



Sobre a sibutramina, é **incorreto** afirmar que:

- A) trata-se de uma substância aromática.
- B) identifica-se um elemento da família dos halogênios em sua estrutura.
- C) sua fórmula molecular é $C_{12}H_{11}NCl$.
- D) identifica-se uma amina terciária em sua estrutura.
- E) identifica-se a presença de ligações em sua estrutura.

9. (PUC-RJ) A indometacina (ver figura) é uma substância que possui atividade anti-inflamatória, muito utilizada no tratamento de inflamações das articulações. De acordo com a estrutura da indometacina, é CORRETO afirmar que estão presentes as seguintes funções orgânicas:



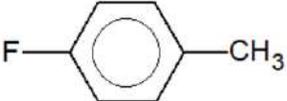
- A) éter, nitrila e ácido carboxílico.
- B) éter, ácido carboxílico e haleto.
- C) fenol, éter e haleto.
- D) cetona, álcool e anidrido.
- E) éster, nitrila e cetona.

10. (UPE-PE) A camada de ozônio (cinturão de Van Allen), que protege a biosfera do efeito nocivo de certas radiações, sofre ataque destrutivo dos CFC (clorofluorcarbono) usados em aerossóis e refrigeração, por exemplo. O mais usado, fréon-12, de fórmula molecular CF_2Cl_2 , pertence à função:

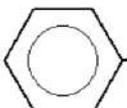
- A) hidrocarboneto.
- B) cloreto de ácido.
- C) haleto.
- D) hidrocarboneto insaturado.
- E) éter.

11. (UECE) Os haletos orgânicos são muito utilizados como solventes na fabricação de plásticos, inseticidas e gás de refrigeração. Assinale a opção que associa corretamente a fórmula estrutural do haleto orgânico com seu nome IUPAC.

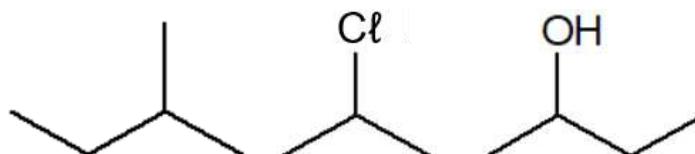
A) $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CHBr} - \text{CH}_3$; 3-bromo-butano.

B)  ; 1-fluor-4-metil-fenol.

C) $\text{H}_3\text{C} - \text{CHF} - \text{CHCl} - \text{CH-Br} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$; 2-flúor-3-cloro-4-bromo-hexano.

D)  - $\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{Br}$; 1-bromo-2-fenil-etano.

12. (UEPA adaptada) A nomenclatura IUPAC dos compostos abaixo é:



A) isopentano, 2-cloro-propano, álcool sec-butílico.

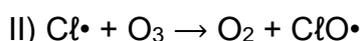
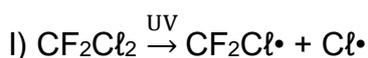
B) metil-butano, 2-cloro-propano, butan-2-ol.

C) isopentano, 2-cloro-propil, metil-propil-carbinol.

D) 2-metil-butano, cloreto de isopropila, butan-2-ol.

E) isopentil, 2-cloro-propano, álcool butílico.

13. (Enem) O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição “Não contém CFC”. As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:



A preocupação com as possíveis ameaças à camada de ozônio (O_3) baseia-se na sua principal função: proteger a matéria viva na Terra dos efeitos prejudiciais dos raios solares ultravioleta. A absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico é intensa o suficiente para eliminar boa parte da fração de ultravioleta que é prejudicial à vida.

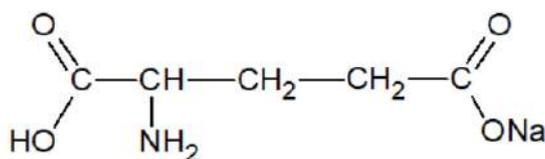
A finalidade da utilização dos gases isobutano, butano e propano neste aerossol é

- A) substituir o CFC, pois não reagem com o ozônio, servindo como gases propelentes em aerossóis.
- B) servir como propelentes, pois, como são muito reativos, capturam o Freon existente livre na atmosfera, impedindo a destruição do ozônio.
- C) reagir com o ar, pois se decompõem espontaneamente em dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), que não atacam o ozônio.
- D) impedir a destruição do ozônio pelo CFC, pois os hidrocarbonetos gasosos reagem com a radiação UV, liberando hidrogênio (H_2), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando água (H_2O).
- E) destruir o CFC, pois reagem com a radiação UV, liberando carbono (C), que reage com o oxigênio do ar (O_2), formando dióxido de carbono (CO_2), que é inofensivo para a camada de ozônio.

14. (USJT-SP) Alguns compostos são muito utilizados para intensificar o sabor de carnes enlatadas, frangos, carnes congeladas e alimentos ricos em proteínas. Por exemplo:

Esse composto não contribui, por si só, ao sabor. Sua função é explicada por duas teorias:

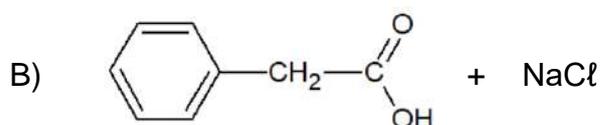
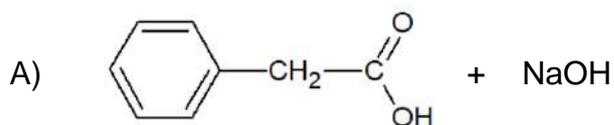
- estimula a atividade das papilas do gosto;
- aumenta a secreção celular.

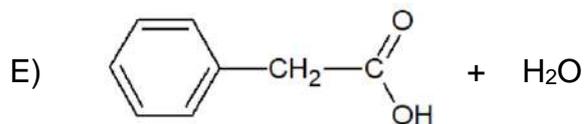
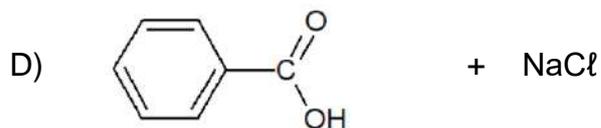
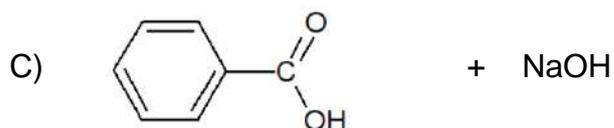


Quais as funções orgânicas existentes no composto acima?

- A) Amida, amina e ácido.
- B) Anidrido de ácido e sal orgânico.
- C) Amina, ácido carboxílico e sal orgânico.
- D) Amida, ácido carboxílico e sal orgânico.
- E) Amido, ácido orgânico e éster de ácido.

15. (UNIUBE) na indústria alimentícia, é comum designarem-se os aditivos de alimentos por meio de códigos, formados geralmente por letras e algarismos romanos. Quando aparece no rótulo de um produto alimentício a indicação “contém conservante P.I.”, isso significa que há benzoato de sódio, um sal orgânico. Os reagentes que representam corretamente a reação de obtenção desse sal são:

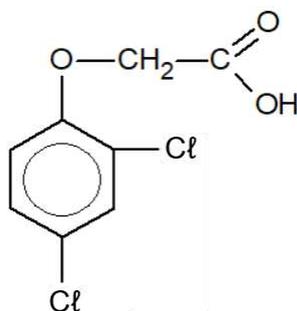




16. (PUC-PR) A fórmula do acetato de potássio é:

- A) (H₃C-COO)₂K.
- B) H₃C-COONa.
- C) H₃C-COOK.
- D) H₃C-COOK₂.
- E) H₃C-COOP.

17. (Fatec-SP) Durante a Guerra do Vietnã, o chamado agente-laranja, que atuava como desfolhante nas árvores da floresta, foi destaque, pois essa substância é altamente cancerígena. As funções presentes na molécula deste composto são:



Agente-laranja

- A) éster, ácido carboxílico e hidrocarboneto.
- B) éter, haleto orgânico e ácido carboxílico.

- C) tiocomposto, cetona e álcool.
- D) amina, ácido carboxílico e amida.
- E) ácido carboxílico, éter e nitrocomposto.

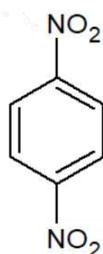
18. (UESPI) Composto trinitrotolueno (TNT) é um explosivo usado para fins militares e em demolições.

Neste composto o número de átomos de nitrogênio, hidrogênio e oxigênio por molécula é:

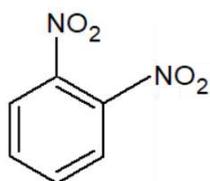
- A) 3, 5 e 6
- B) 3, 9 e 6
- C) 3, 5 e 9
- D) 3,7 e 6
- E) 3, 6 e 7

19. (UNIP-SP) A fórmula estrutural da para-dinitro-benzeno é:

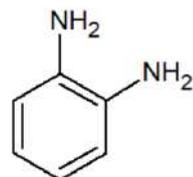
A)

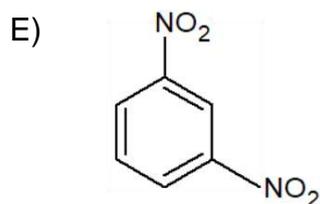
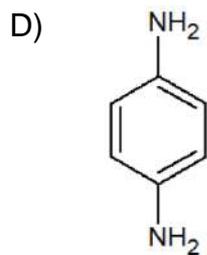


B)

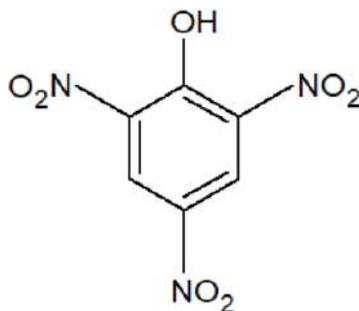


C)





20. (UESP) O ácido pícrico originalmente foi usado como corante, especialmente para a seda. Atualmente, na medicina, é utilizado na produção de fármacos contra queimaduras e para medir a quantidade de creatinina no sangue. Sua fórmula estrutural é:



Com relação à molécula do ácido pícrico, assinale a alternativa incorreta:

- A) Apresenta apenas carbonos secundários.
- B) Apresenta carbonos com hibridização sp^2 .
- C) Apresenta um grupo fenólico.
- D) É um composto aromático.
- E) É um álcool com três grupos nitro.

UNIDADE 5

ISOMERIA

Isomeria

Substâncias **isômeras** entre si apresentam o fenômeno denominado **isomeria** que ocorre quando duas ou mais substâncias apresentam a mesma fórmula molecular, mas possuem diferentes fórmulas planas ou espaciais. A isomeria pode ser de dois tipos: **plana** e **espacial**.

Isomeria plana

Isômeros planos são substâncias que possuem a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais planas. Eles possuem propriedades físicas e químicas diferentes.

A isomeria plana pode ser classificada em:

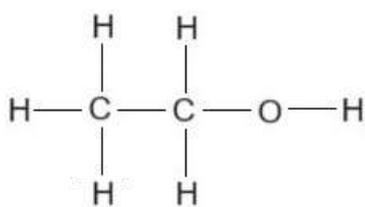
- isomeria de função;
- tautomeria;
- isomeria de cadeia;
- isomeria de posição;
- isomeria de compensação ou metameria.

Isomeria de função

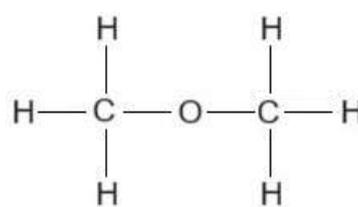
As substâncias isômeras de função pertencem a funções químicas diferentes.

Exemplos:

As substâncias etanol (álcool) e o metóxi-metano (éter) possuem a mesma fórmula molecular, C_2H_6O , mas suas funções orgânicas são diferentes, logo são isômeros de função.

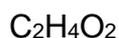
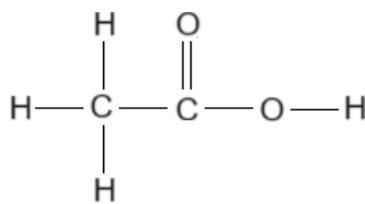


etanol

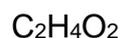
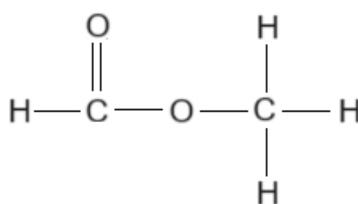


metóxi-metano

O ácido etanoico (ácido carboxílico) e o metanoato de metila (éster) são isômeros de função, pois possuem a mesma fórmula molecular, $C_2H_4O_2$, mas suas funções orgânicas são diferentes.

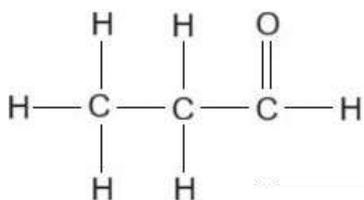


ácido etanoico

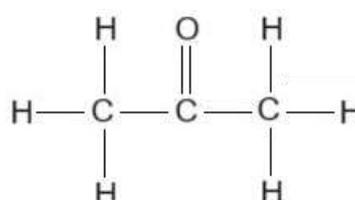


metanoato de metila

Também são isômeras de função as substâncias propanal (aldeído) e propanona (cetona). Ambas possuem a fórmula molecular, C_3H_6O , mas pertencem a funções orgânicas diferentes.



propanal



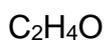
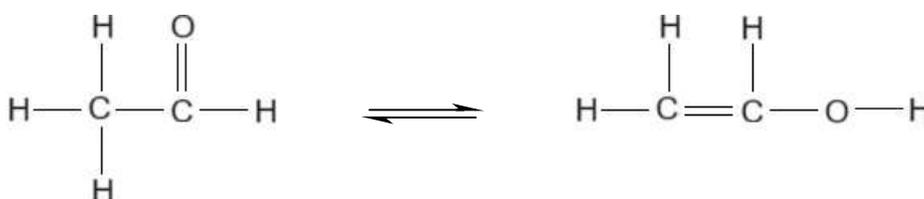
propanona

Tautomeria

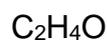
É um caso particular de isomeria de função em que as moléculas estão num equilíbrio dinâmico, uma se transformando na outra em solução aquosa. Os principais tipos de tautomeria são a aldo-enólica, entre um aldeído e um enol, e a ceto-enólica, entre uma cetona e um enol.

Exemplos:

O etanal (aldeído) e o etenol (enol) são tautômeros, pois possuem a mesma fórmula molecular, C_2H_4O , suas funções orgânicas são diferentes e coexistem num equilíbrio dinâmico em solução aquosa.

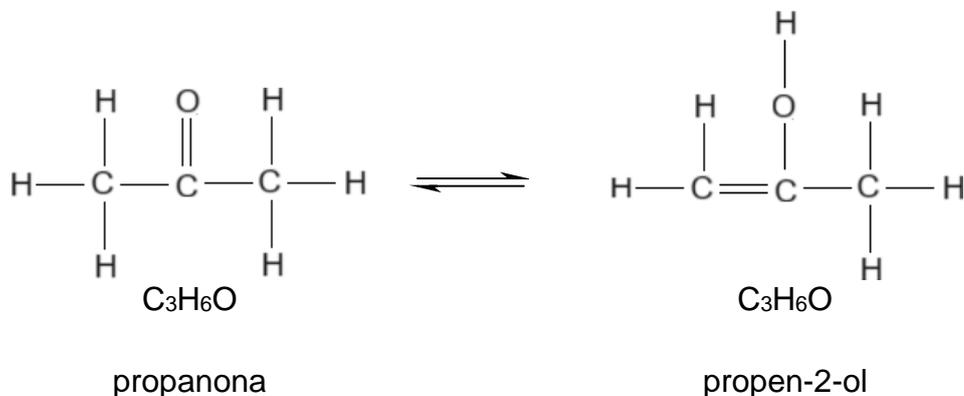


etanal



etenol

As substâncias propanona (cetona) e o propen-2-ol (enol) são tautômeras, pois possuem a mesma fórmula molecular, C_3H_6O , suas funções orgânicas são diferentes e coexistem num equilíbrio dinâmico em solução aquosa.

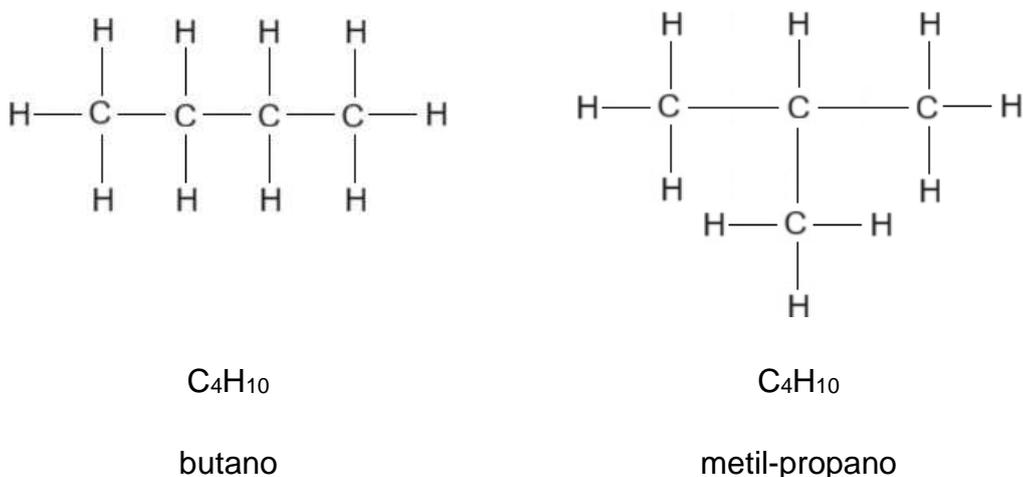


Isomeria de cadeia

As substâncias isômeras de cadeia pertencem à mesma função orgânica, mas possuem diferentes cadeias carbônicas.

Exemplos:

O butano (hidrocarboneto) e o metil-propano (hidrocarboneto) possuem a mesma fórmula molecular, C_4H_{10} , suas funções orgânicas são as mesmas, mas suas cadeias carbônicas são diferentes, logo tais substâncias são isômeras de cadeia.

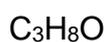
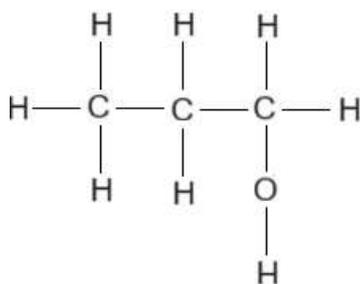


Isomeria de posição

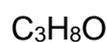
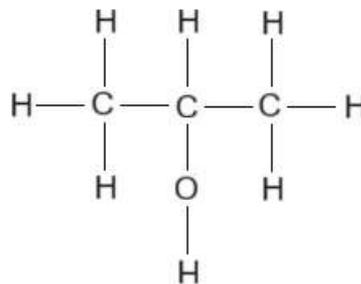
Os isômeros pertencem à mesma função orgânica, possuem a mesma cadeia principal e diferem entre si na posição de um grupo funcional, de uma ramificação ou de uma insaturação.

Exemplos:

O propan-1-ol (álcool) e o propan-2-ol (álcool) possuem a mesma fórmula molecular, C_3H_8O , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição do grupo funcional hidroxila, logo eles são isômeros de posição.

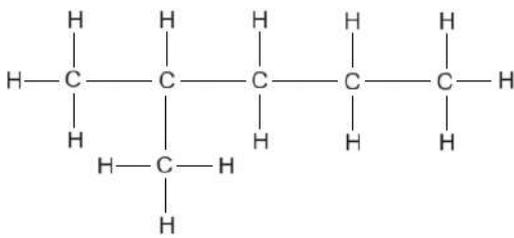


propan-1-ol

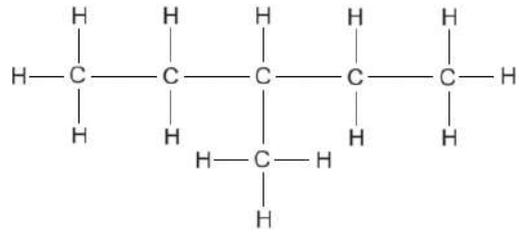


propan-2-ol

As substâncias 2-metil-pentano (hidrocarboneto) e 3-metil-pentano (hidrocarboneto) possuem a mesma fórmula molecular, C_6H_{14} , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição da ramificação metil, logo elas são isômeras de posição.

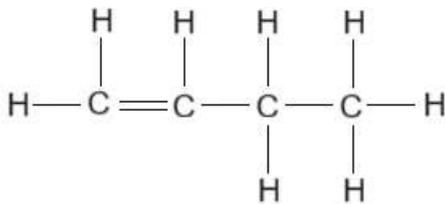


2-metil-pentano

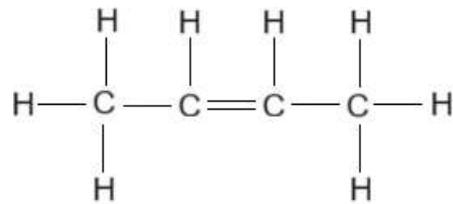


3-metil-pentano

As substâncias but-1-eno (hidrocarboneto) e o but-2-eno (hidrocarbonetos) são isômeras de posição, pois possuem a mesma fórmula molecular, C_4H_8 , suas funções orgânicas são as mesmas, apresentam a mesma cadeia principal, mas diferem entre si na posição da ligação dupla.



but-1-eno



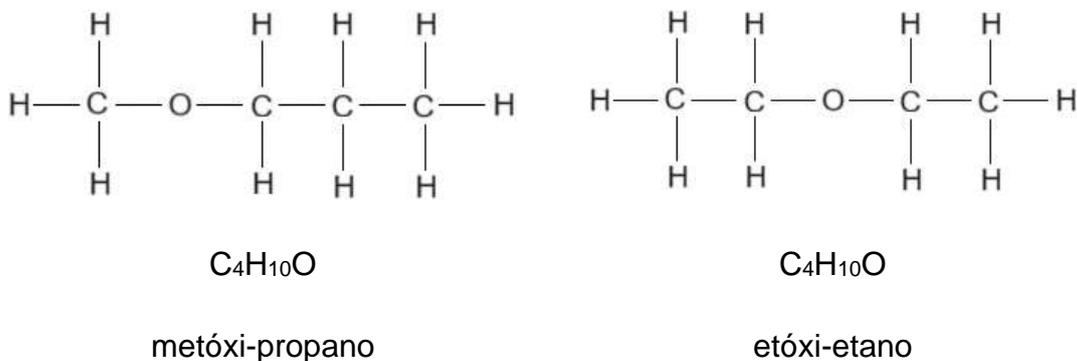
but-2-eno

Isomeria de compensação ou metameria

É um caso particular de isomeria de posição, em que as substâncias isômeras de mesma função diferem entre si na posição de um heteroátomo.

Exemplo:

O metóxi-propano (éter) e o etóxi-etano (éter) são isômeros de compensação ou metâmeros, pois possuem a mesma fórmula molecular, $C_4H_{10}O$, suas funções orgânicas são as mesmas, mas diferem entre si na posição do heteroátomo.



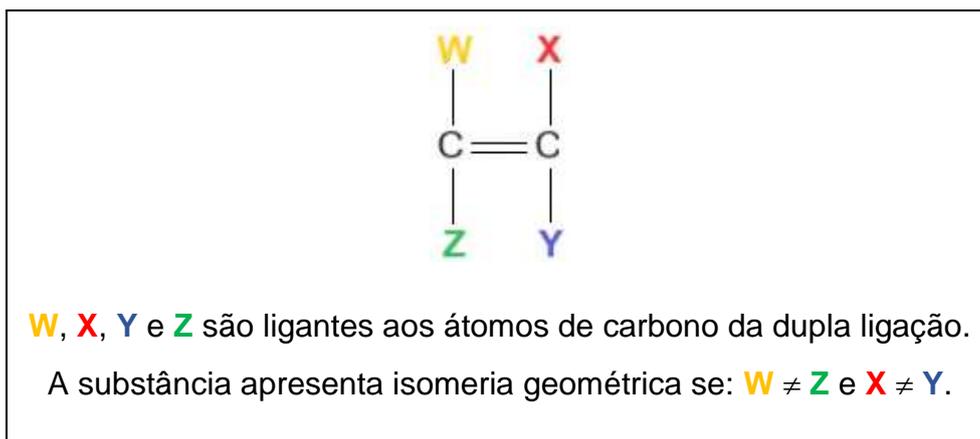
Isomeria espacial ou estereoisomeria

Quando substâncias possuem as mesmas fórmulas moleculares e estruturais planas, mas diferem entre si na estrutura espacial de suas moléculas, elas apresentam isomeria espacial ou estereoisomeria.

Este tipo de isomeria pode ser dividido em: **isomeria geométrica** e **isomeria óptica**.

Isomeria geométrica ou cis-trans

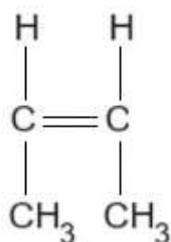
Uma substância pode apresentar isomeria geométrica quando ela possui pelo menos uma ligação dupla entre carbonos e os ligantes desses carbonos da dupla são diferentes entre si, conforme a representação a seguir:



A ligação dupla impede a rotação dos átomos ligados aos carbonos que fazem tal ligação, o que possibilita a existência de duas estruturas espaciais diferentes: a **cis** e a **trans**.

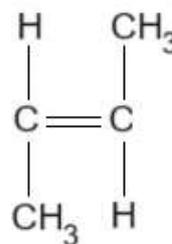
- No isômero **cis** os ligantes dos carbonos da dupla ligação que possuem os maiores tamanhos devem estar no mesmo lado da estrutura espacial.
- No isômero **trans**, os ligantes dos da dupla ligação que possuem os maiores tamanhos devem estar em lados opostos da estrutura espacial.

Por exemplo, o but-2-eno possui isômeros geométricos, o cis-but-2-eno e o trans-but-2-eno:



cis-but-2-eno

Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão no mesmo lado da estrutura.



trans-but-2-eno

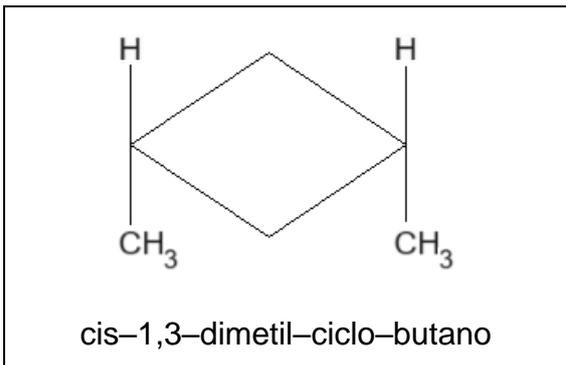
Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão em lados opostos na estrutura.

ATENÇÃO!

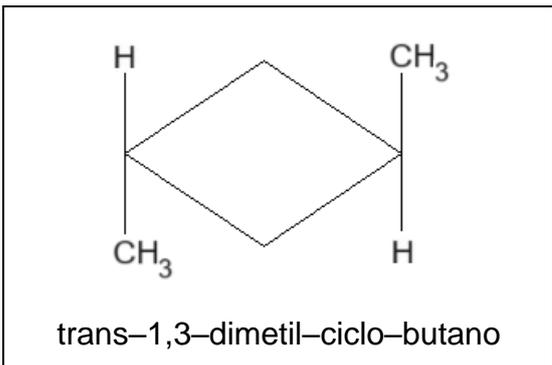
Observe que, nos exemplos apresentados, no isômero cis os ligantes iguais dos carbonos da dupla ficam do mesmo lado, enquanto que no isômero trans, tais ligantes ficam em lados opostos. Porém, quando não há ligantes iguais nos carbonos das duplas, a IUPAC recomenda usar os prefixos E e Z, mas este assunto foge o escopo deste livro, devendo ser tratado em nível superior.

Substâncias cíclicas saturadas também podem apresentar isomeria geométrica, desde que pelo menos dois átomos de carbono da cadeia fechada estejam ligados a grupos de átomos diferentes. As ligações simples entre os átomos de carbono do ciclo também impedem a rotação de seus ligantes.

Como exemplo, observe os isômeros geométricos do 1,3-dimetil-ciclo-butano. Observe que na sua estrutura há dois carbonos que possuem ligantes diferentes, o átomo de hidrogênio e o grupo metil.



Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão no mesmo lado da estrutura.



Os ligantes de maiores massas molares, ou seja, os grupos metil, de cada carbono da dupla ligação estão em lados opostos na estrutura.

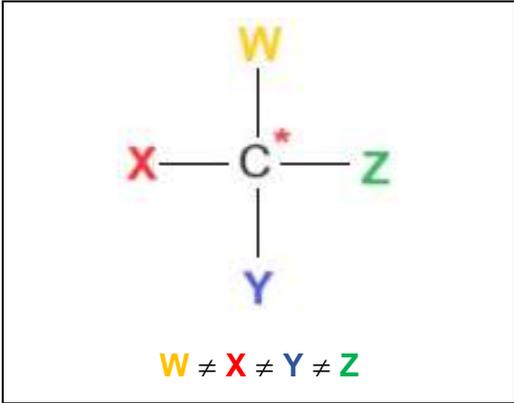
Isomeria óptica

Uma luz monocromática (luz de apenas uma cor) vibra em diferentes planos perpendiculares à direção de propagação. Existe um equipamento denominado polarímetro capaz de polarizar a luz monocromática, fazendo com que ela passe a vibrar em apenas um plano, tornando-a uma luz polarizada.

Ao se colocar determinadas substâncias num polarímetro, verifica-se que elas possuem a capacidade de desviar o plano de vibração da luz polarizada. São chamadas de **dextrogiras**, representadas por **(+)** ou **(d)**, as substâncias que desviam o plano de luz polarizada para a direita e são denominadas **levogiras**, representadas por **(-)** ou **(ℓ)**, aquelas que provocam um desvio desse plano para a esquerda.

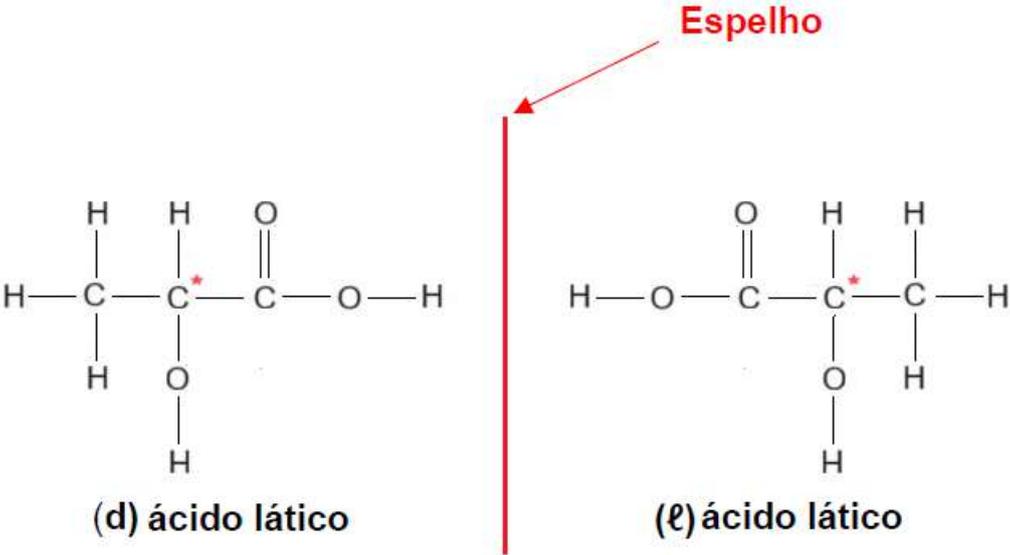
As moléculas que apresentam atividade óptica são assimétricas, ou seja, não é possível colocar um plano de simetria que divida a molécula em dois lados iguais. A presença de pelo menos um carbono ligado a quatro átomos ou grupos substituintes diferentes, denominado **carbono assimétrico** ou **carbono quiral**, confere assimetria a uma molécula orgânica.

O átomo de carbono assinalado com um asterisco na representação a seguir é quiral ou assimétrico, pois ele possui quatro ligantes diferentes.



Uma molécula assimétrica, ao ser colocada diante de um espelho, pode formar um par objeto-imagem que não se sobrepõem, da mesma forma que as mãos de um ser humano ao serem colocadas uma sobre a outra com as unhas voltadas para cima. Moléculas que formam um par objeto-imagem são diferentes espacialmente. Uma dessas estruturas desvia o plano da luz polarizada para a direita e a outra para a esquerda.

Por exemplo, o ácido láctico (ácido 2-hidróxi-propanoico) possui isomeria ótica. Observe na figura a seguir o par objeto-imagem **(d) ácido láctico** e **(ℓ) ácido láctico**.



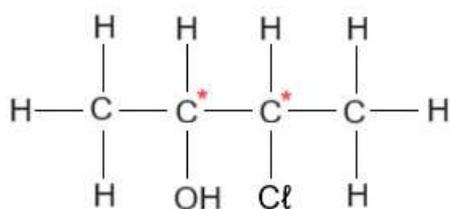
Essas estruturas são **enantiômeras** ou **enantiomorfas** entre si, pois elas formam um par objeto-imagem e não se sobrepõem. Substâncias formadas por

essas moléculas possuem as mesmas propriedades físicas e químicas, mas podem apresentar propriedades fisiológicas diferentes.

Quando num mesmo recipiente são colocadas quantidades iguais de isômeros dextrogiros e levogiros que formam pares objeto-imagem, obtém-se uma mistura opticamente inativa e que é denominada **mistura racêmica**.

O número de isômeros ópticos de uma substância pode ser calculado pela regra de Van't Hoff. Esta regra diz que o número de isômeros opticamente ativos presentes numa substância com "n" carbonos assimétricos em cada molécula é igual a 2^n .

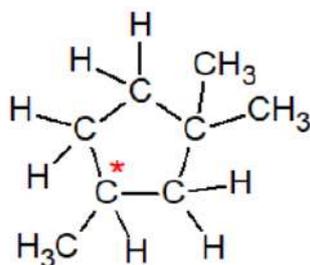
Por exemplo, a substância 3-cloro-butan-2-ol, possui dois carbonos assimétricos, logo apresenta $2^2 = 4$ isômeros opticamente ativos.



3-cloro-butan-2-ol

Os isômeros dextrogiros e levogiros de uma mesma substância que não formam um par objeto-imagem são chamados de **diastereoisômeros**.

Uma substância que possui estrutura cíclica pode apresentar isomeria ótica, identificada pela presença de carbono quiral no anel, uma vez que a estrutura é assimétrica. Observe a estrutura da substância a seguir:



O átomo de carbono marcado com um asterisco é quiral, pois ele possui quatro ligantes diferentes. Dois deles estão fora do anel: - H e -CH₃. Os outros

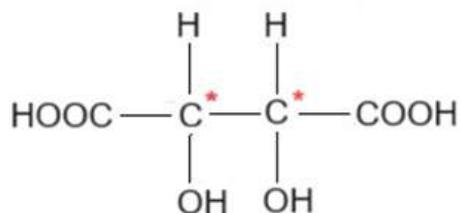
dois são determinados realizando um trajeto pelo anel nos sentidos horário e anti-horário a partir do carbono analisado:

Caminhando no sentido horário: $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-$

Caminhando no sentido anti-horário: $-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$

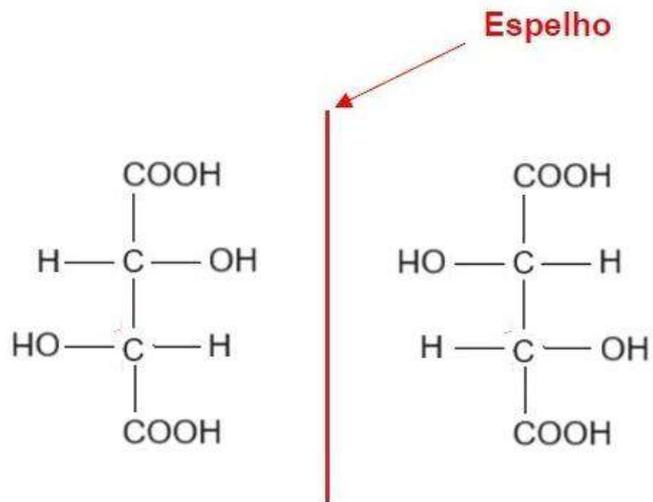
Como esses 2 grupos ligantes também são diferentes, a molécula não possui um plano de simetria e o carbono assinalado é quiral. Como a molécula considerada só possui 1 carbono quiral, ela apresenta 2 isômeros ópticos ativos.

Nem sempre o número de isômeros ópticamente ativos pode ser determinado pela regra de Van't Hoff. Isso ocorre quando uma substância possui dois carbonos assimétricos iguais, como o ácido tartárico (ácido 2,3-di-hidróxi-butanodioico):

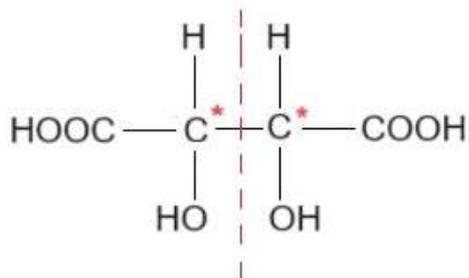


ácido tartárico

Como esta substância possui 2 carbonos assimétricos, segundo a regra de Van't Hoff, ela deveria apresentar 4 isômeros opticamente ativos, porém ela possui 2 isômeros óticos ativos e uma forma **MESO** que é opticamente inativa, pois sua estrutura é simétrica.

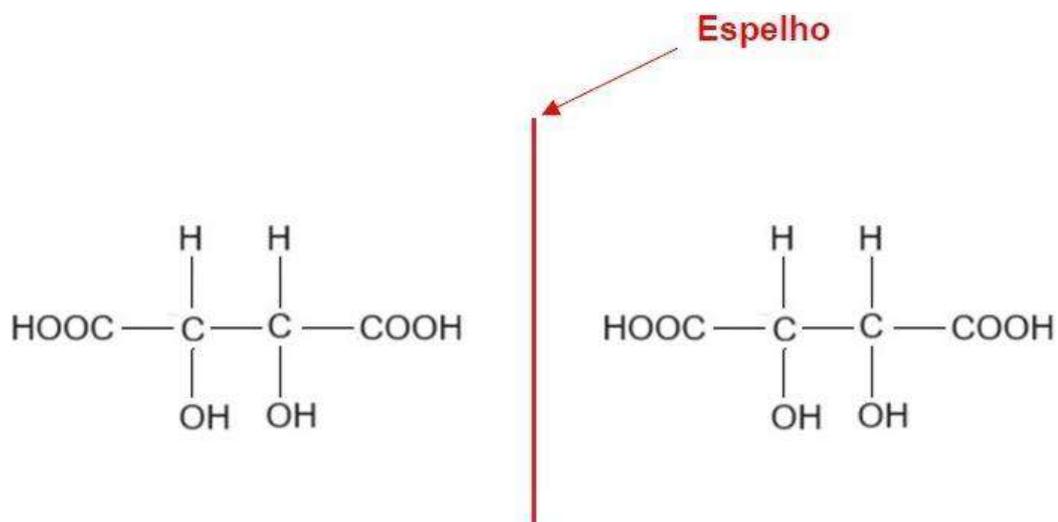


Isômeros opticamente ativos do ácido tartárico



Forma Meso do ácido tartárico.

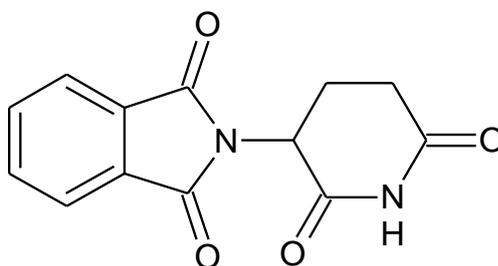
Observe que a linha tracejada na estrutura acima divide a molécula em dois lados iguais, o que lhe confere uma estrutura simétrica.



O par objeto-imagem da forma MESO são sobreponíveis, logo esta forma é opticamente inativa.

FIQUE POR DENTRO!

Um medicamento denominado Talidomida foi receitado, no final da década de 1950, como sedativo e para evitar enjoos em gestantes. Porém, seu uso em mulheres grávidas foi proibido, pois após milhares de casos de bebês gerados com problemas de formação, verificou-se que tal medicamento era responsável por sérios efeitos colaterais em fetos, tais como desenvolvimento incompleto ou defeituoso dos membros, mal formação em órgãos, como coração, intestino, útero, etc.

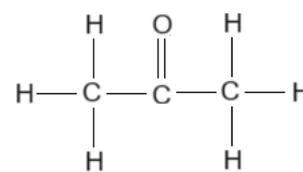
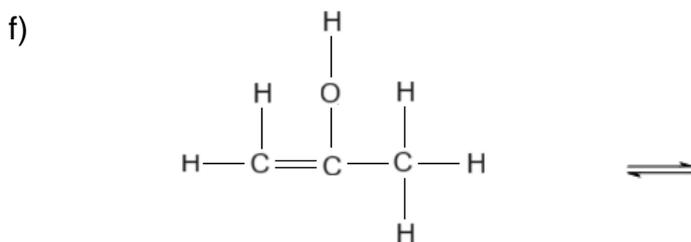
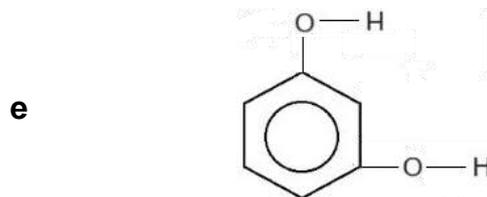
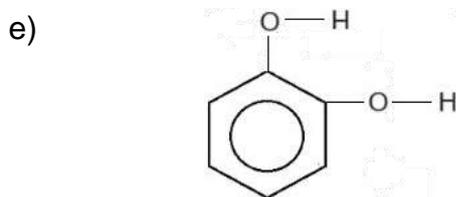
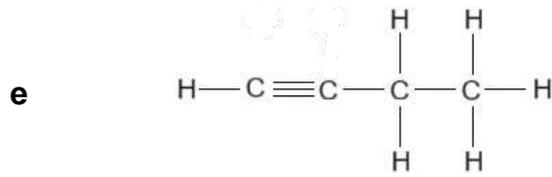
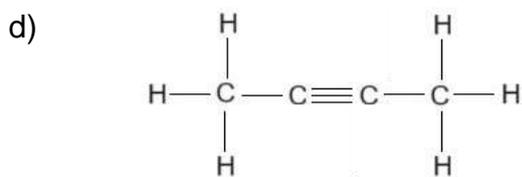
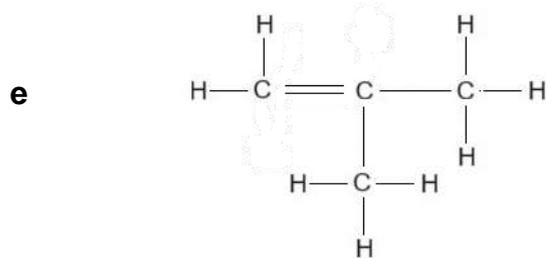
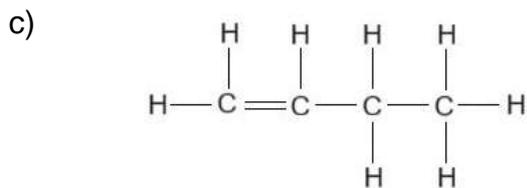
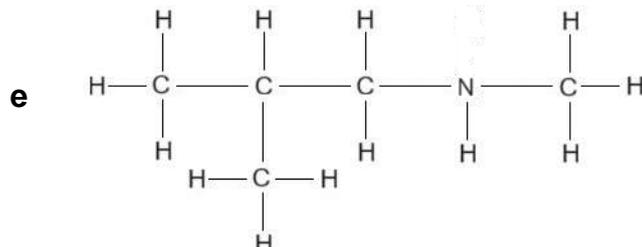
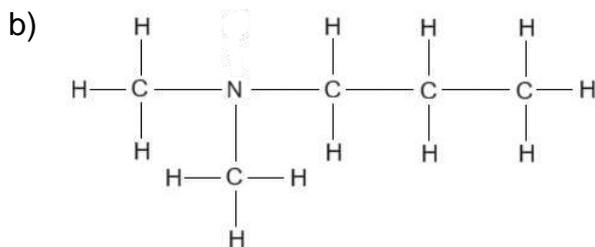
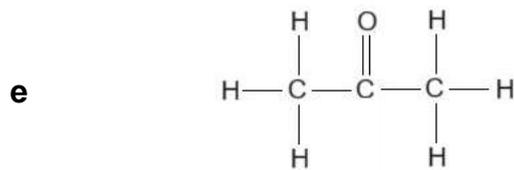
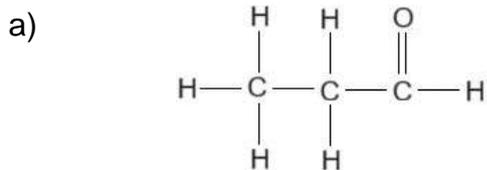


Estrutura da molécula da talidomida

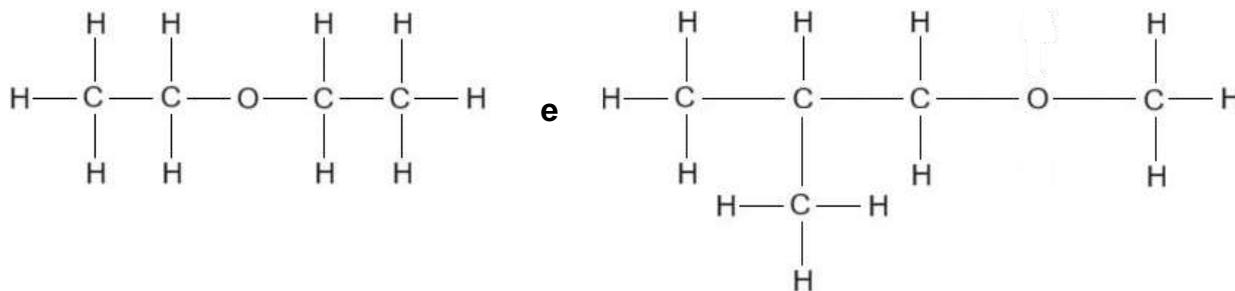
A molécula da talidomida possui isômeros ópticos. O medicamento receitado era uma mistura racêmica e tempos depois foi descoberto que somente o isômero levogiro provocava mutações no feto.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. Identifique o tipo de isomeria plana existente entre cada para de substâncias a seguir:



2. Observe as substâncias a seguir:



Elas são isômeras? Justifique sua resposta.

3. Correlacione:

- I – Isômeros funcionais () Butan-2-ol e butan-1-ol
- II – Metâmeros () Etóxi-etano e butan-1-ol
- III – Isômeros de cadeia () Hexano e 2-metil-pentano
- IV – Isômeros de posição () Etóxi-etano e metóxi-propano

4. Que tipos de isomeria plana os hidrocarbonetos podem apresentar?

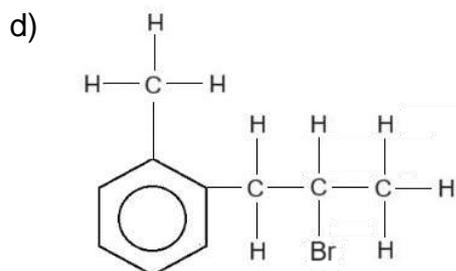
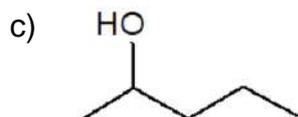
5. Apresente as estruturas de todos os isômeros planos de fórmula C₄H₁₀.

6. Quais substâncias a seguir apresentam isomeria geométrica?

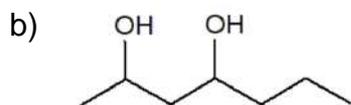
- a) CH₃CBr=CHBr
- b) CH₃CH=CH₂
- c) CH₃CH=CCl₂
- d) CH₃CH=C(CH₃)CH₂CH₃
- e) CH₃CH₂CH₂CH₃

7. Apresente as estruturas e nomenclaturas de todas as substâncias de fórmula C₄H₈.

8. Quais substâncias a seguir apresentam isomeria óptica?



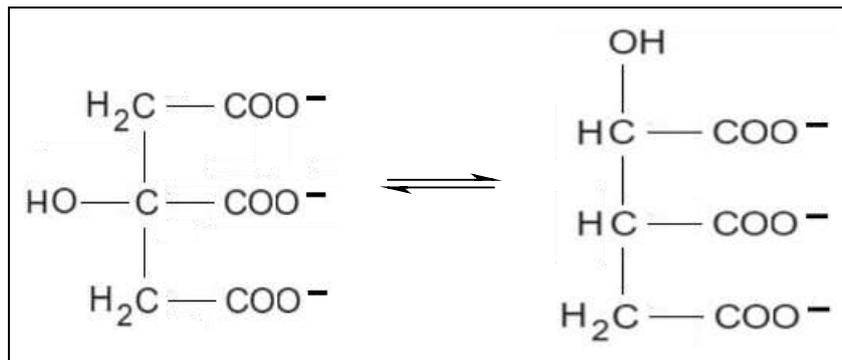
9. Apresente o número de isômeros opticamente ativos e a quantidade de misturas racêmicas que podem ser formadas em:



10. Determine o número de isômeros opticamente ativos da substância 2,3,5-tricloro-4-metil-hexano.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

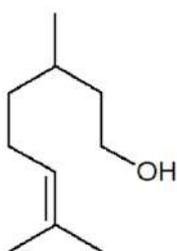
1. (UERJ) Em uma das etapas do ciclo de Krebs, a enzima aconitase catalisa a isomerização de citrato em isocitrato, de acordo com a seguinte equação química:



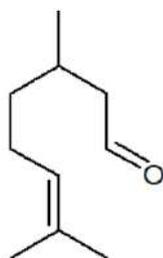
A isomeria plana que ocorre entre o citrato e o isocitrato é denominada de:

- A) cadeia
- B) função
- C) posição
- D) compensação

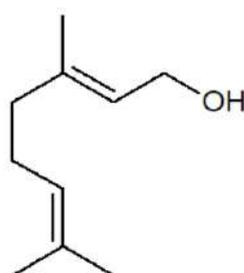
2. (UERJ) Observe abaixo as fórmulas estruturais espaciais dos principais compostos do óleo de citronela, produto empregado como repelente de mosquitos.



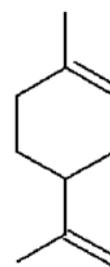
Citronelol



Citronelal



Geraniol

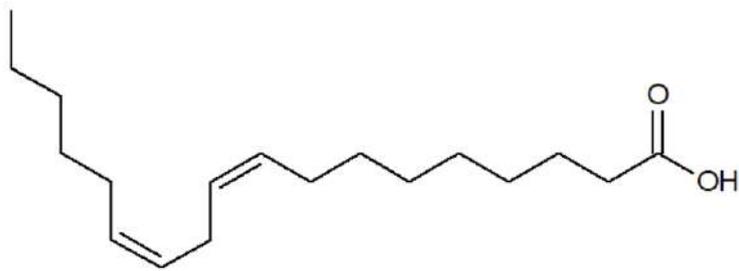


Limoleno

Considerando essas fórmulas estruturais, a quantidade de compostos que apresentam isômeros espaciais geométricos é igual a:

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4

3. (UERJ) O ácido linoleico, essencial à dieta humana, apresenta a seguinte fórmula estrutural espacial:

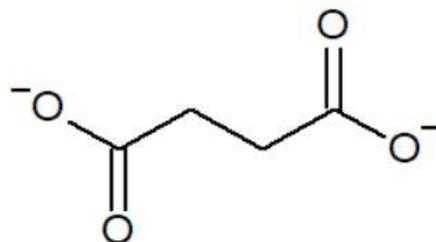


Como é possível observar, as ligações duplas presentes nos átomos de carbono 9 e 12 afetam o formato espacial da molécula.

As conformações espaciais nessas ligações duplas são denominadas, respectivamente:

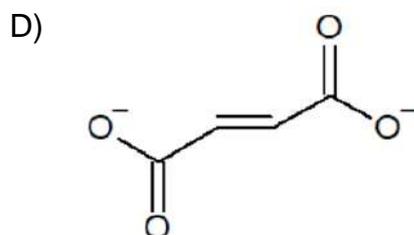
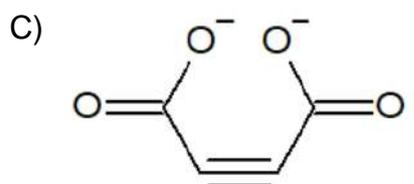
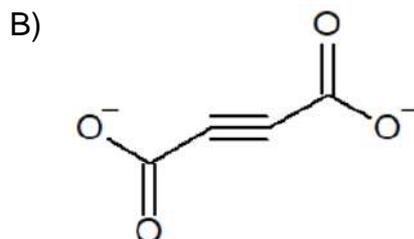
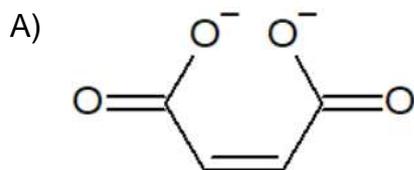
- A) cis e cis
- B) cis e trans
- C) trans e cis
- D) trans e trans

4. (UERJ) Em uma das etapas do ciclo de Krebs, ocorre uma reação química na qual o íon succinato é consumido. Observe a fórmula estrutural desse íon:



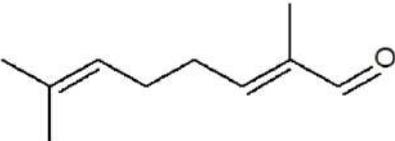
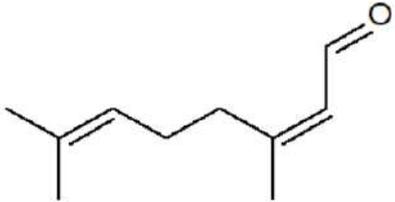
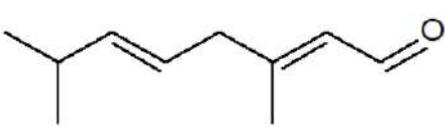
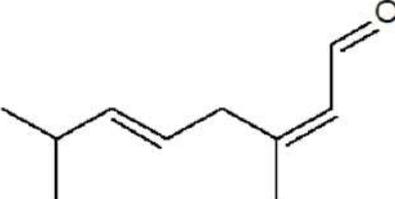
Na reação de consumo, o succinato perde dois átomos de hidrogênio, formando o íon fumarato.

Sabendo que o íon fumarato é um isômero geométrico *trans*, sua fórmula estrutural corresponde a:



5. (Enem) O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é $C_{10}H_{16}O$, com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:

- A) 
- B) 
- C) 
- D) 
- E) 

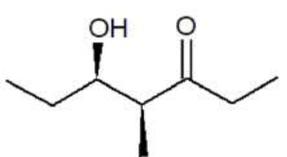
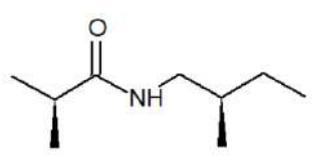
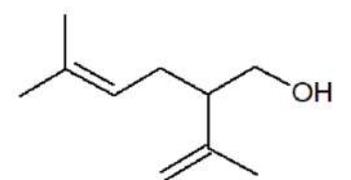
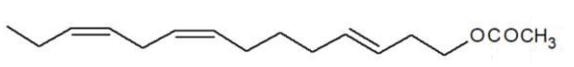
6. (Enem) Os feromônios são substâncias utilizadas na comunicação entre indivíduos de uma espécie. O primeiro feromônio isolado de um inseto foi o bombicol, substância produzida pela mariposa do bicho-da-seda.



Bombicol

O uso de feromônios em ações de controle de insetos-praga está de acordo com

o modelo preconizado para a agricultura do futuro. São agentes altamente específicos e seus compostos químicos podem ser empregados em determinados cultivos, conforme ilustrado no quadro.

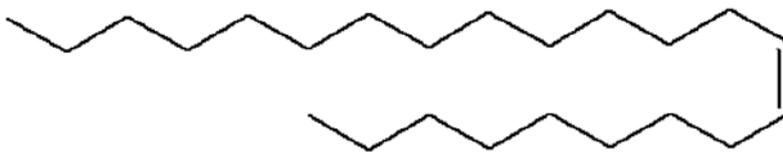
Substância	Inseto	Cultivo
	<i>Sitophilus spp</i>	Milho
	<i>Migdolus fryanus</i>	Cana-de-açúcar
	<i>Anthonomus rubi</i>	Morango
	<i>Grapholita molesta</i>	Frutas
	<i>Scrobipalpuloides absoluta</i>	Tomate

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Amor ao primeiro odor: a comunicação química entre os insetos. *Química Nova na Escola*. n.7, maio 1998 (adaptado).

Considerando essas estruturas químicas, o tipo de estereoisomeria apresentada pelo bombicolic é também apresentada pelo feromônio utilizado no controle do inseto

- A) *Sitophilus spp.*
- B) *Migdolus fryanus.*
- C) *Anthonomus rubi.*
- D) *Grapholita molesta.*
- E) *Scrobipalpuloides absoluta.*

7. (UERJ) Para atrair indivíduos do sexo oposto, as fêmeas da mosca doméstica exalam um feromônio, cuja molécula é representada pela fórmula estrutural espacial a seguir.



Nessa molécula, observa-se a presença de isomeria espacial associada à insaturação entre dois carbonos.

O isômero observado e as posições dos carbonos insaturados, na cadeia carbônica, estão indicados em:

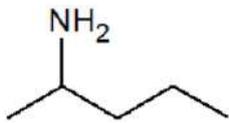
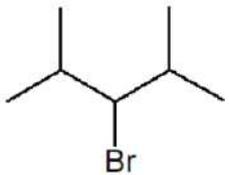
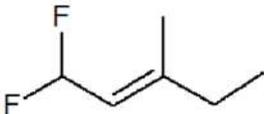
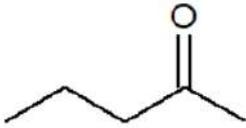
- A) cis – 9 e 10
- B) cis – 14 e 15
- C) trans – 9 e 10
- D) trans – 14 e 15

8. (Enem) O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- A) $\text{CH}_3\text{-(CH)}_2\text{-CH(OH)-CO-NH-CH}_3$.
- B) $\text{CH}_3\text{-(CH)}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-CO-NH-CH}_3$.
- C) $\text{CH}_3\text{-(CH)}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-CO-NH}_2$.
- D) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{)-CO-NH-CH}_3$.
- E) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_2\text{-CO-NH-CH}_3$.

9. (UERJ) Um mesmo composto orgânico possui diferentes isômeros ópticos, em função de seus átomos de carbono assimétrico. Considere as fórmulas estruturais planas de quatro compostos orgânicos, indicadas na tabela.

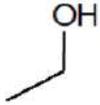
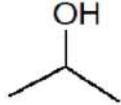
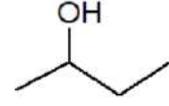
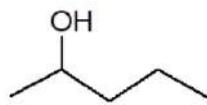
Composto	Fórmula estrutural plana
I	
II	
III	
IV	

O composto que apresenta átomo de carbono assimétrico é:

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV

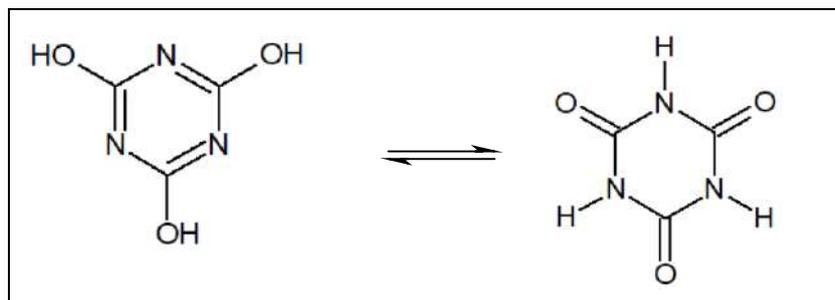
10. (UERJ) Em um experimento, foi analisado o efeito do número de átomos de carbono sobre a solubilidade de álcoois em água, bem como sobre a quiralidade das moléculas desses álcoois. Todas as moléculas de álcoois testadas tinham número de átomos de carbono variando de 2 a 5, e cadeias carbônicas abertas e não ramificadas.

Dentre os álcoois utilizados contendo um centro quiral, aquele de maior solubilidade em água possui fórmula estrutural correspondente a:

- A) 
- B) 
- C) 
- D) 

11. (UERJ) O ácido cianúrico é um agente estabilizante do cloro usado como desinfetante no tratamento de águas.

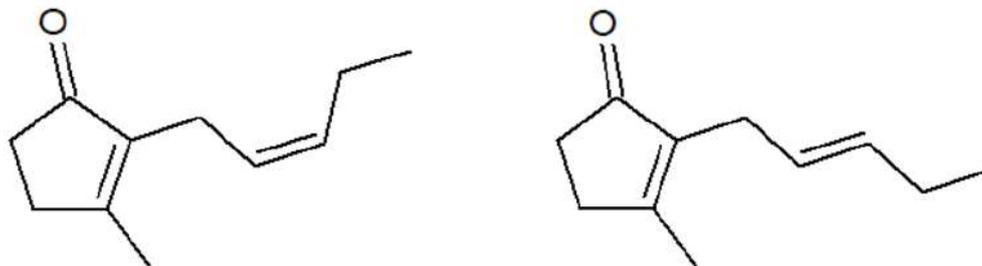
Esse ácido pode ser representado pelas duas fórmulas estruturais a seguir:



Em relação à isomeria, essas duas estruturas representam compostos classificados como:

- A) oligômeros
- B) tautômeros
- C) estereoisômeros
- D) diastereoisômeros

12. (UERJ) A flor do jasmim é popular no Brasil, sendo admirada por sua beleza e aroma agradável. Os principais compostos responsáveis por seu aroma estão representados a seguir.

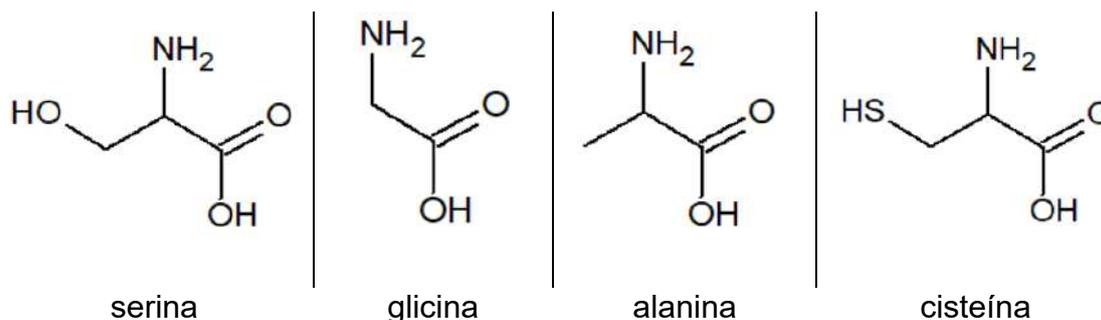


Analisando as fórmulas estruturais desses compostos, identifica-se que a isomeria espacial existente entre eles é a denominada:

- A) óptica
- B) de cadeia
- C) de posição
- D) geométrica

13. (UERJ) Os aminoácidos que possuem um centro quiral apresentam duas formas enantioméricas.

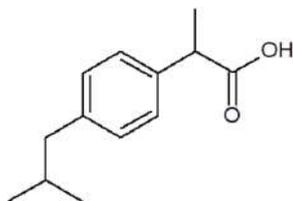
Observe, abaixo, a estrutura química de quatro aminoácidos.



O único desses aminoácidos que não apresenta enantiômeros é:

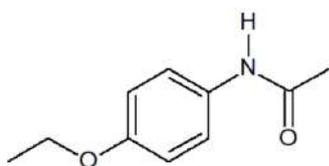
- A) serina
- B) glicina
- C) alanina
- D) cisteína

14. (Enem) Entre os medicamentos mais comuns consumidos para o alívio da dor está o ibuprofeno, um composto quiral com ação anti-inflamatória e efeito analgésico, que é comercializado como fármaco opticamente puro, ou seja, sem a mistura com outro isômero óptico. A fórmula estrutural plana do ibuprofeno é:

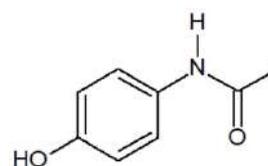


Ibuprofeno

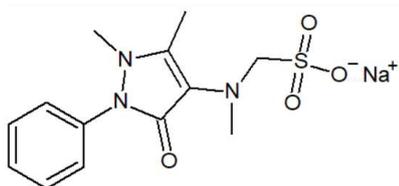
Além do ibuprofeno, destacam-se também os princípios ativos a seguir, presentes em outros medicamentos para o alívio da dor:



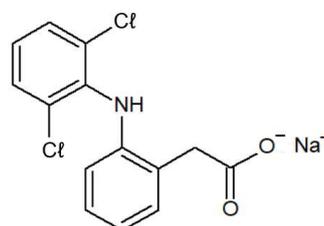
Fenacetina



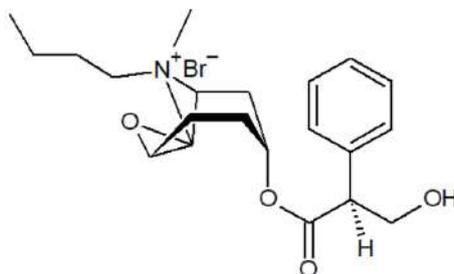
Paracetamol



Dipirona sódica



Diclorofenaco sódico

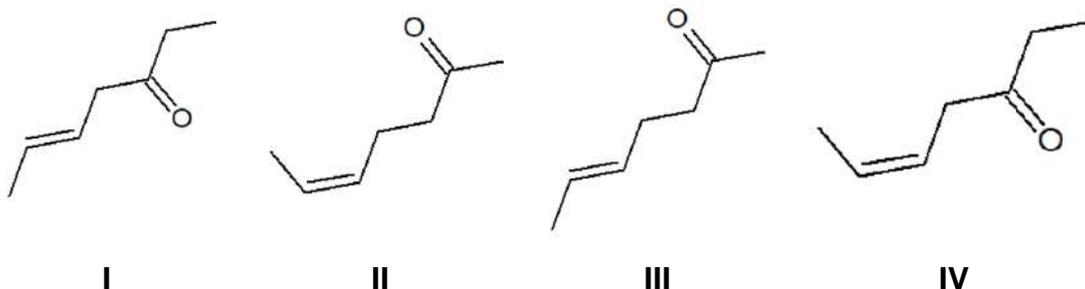


Butilbrometo de escopolamina

O princípio ativo que apresenta o mesmo tipo de isomeria espacial que o ibuprofeno é o(a)

- A) fenacetina.
- B) paracetamol.
- C) dipirona sódica.
- D) diclofenaco sódico.
- E) butilbrometo de escopolamina.

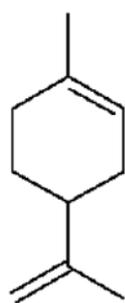
15. (PUC-RJ) Considere os compostos orgânicos abaixo.



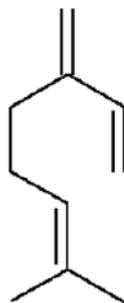
Sobre a isomeria em compostos orgânicos e a relação entre as estruturas dos compostos I, II, III e IV, verifica-se que os compostos

- A) I e II são isômeros ópticos.
- B) II e III são isômeros de posição.
- C) II e IV são isômeros espaciais.
- D) I e IV são isômeros geométricos.
- E) III e IV são isômeros de função.

16. (PUC-RJ) Monoterpenos são hidrocarbonetos presentes nos óleos essenciais de diversas plantas. Na Figura abaixo, são mostradas as estruturas moleculares de dois monoterpenos: limoneno e mirceno.



limoneno

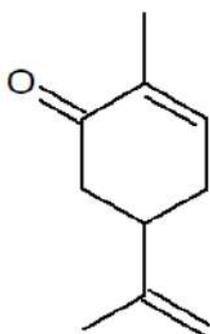


mirceno

Sobre essas estruturas, é CORRETO afirmar que

- A) tanto o limoneno quanto o mirceno apresentam isomeria óptica.
- B) a fórmula molecular do limoneno é $C_{10}H_{16}$, e do mirceno é $C_{10}H_{14}$.
- C) o limoneno e o mirceno apresentam o mesmo número de carbonos com hibridização sp^2 .
- D) tanto o limoneno quanto o mirceno são hidrocarbonetos cíclicos e saturados.
- E) o mirceno não apresenta isomeria geométrica.

17. (PUC-RJ) A carvona, cuja estrutura é representada abaixo, é um composto orgânico extraído de plantas, sendo muito utilizado como flavorizante na indústria química.



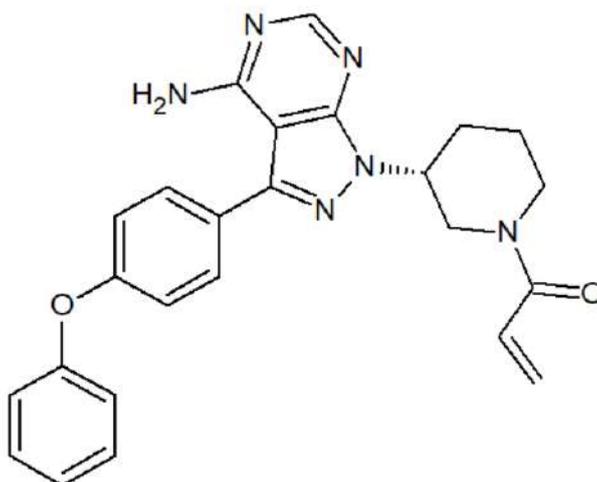
carvona

É correto afirmar que a carvona possui

- A) carbonos com hibridização sp^3 , sp^2 e sp
- B) estrutura totalmente planar
- C) isômeros ópticos
- D) a função orgânica aldeído
- E) fórmula molecular $C_{10}H_{10}O$

18. (PUC-RJ) O ibrutinib é um fármaco utilizado no tratamento de algumas formas de leucemia e também de outros tipos de câncer.

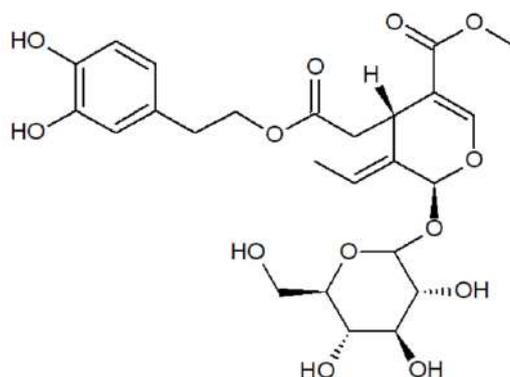
A estrutura molecular do ibrutinib é mostrada abaixo.



A respeito do ibrutinib, pode-se dizer que o composto tem

- A) 24 carbonos na sua estrutura.
- B) funções orgânicas aldeído e amina na estrutura.
- C) isômeros ópticos.
- D) funções orgânicas cetona e amida na estrutura.
- E) dois carbonos quirais.

19. (PUC-RJ) A oleuropeína, cuja fórmula estrutural é apresentada abaixo, é um fenilpropanoide encontrado no azeite de oliva, que apresenta diversas propriedades farmacológicas, incluindo a anti-inflamatória, a antiviral e a antienvelhecimento.

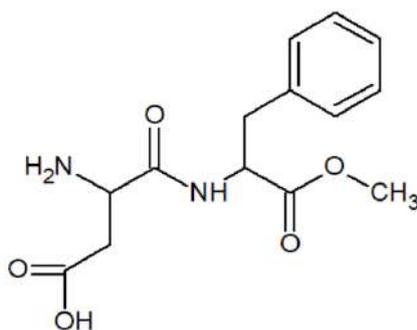


Oleuropeína

A oleuropeína apresenta, em sua estrutura,

- A) As funções orgânicas éster, fenol, álcool e éter.
- B) 5 carbonos quirais.
- C) dois anéis aromáticos.
- D) as funções orgânicas ácido carboxílico, álcool, éster e fenol.

20. (UERJ) O aspartame, utilizado como adoçante, corresponde a apenas um dos estereoisômeros da molécula cuja fórmula estrutural é apresentada abaixo. Admita que, em um processo industrial, tenha-se obtido a mistura, em partes iguais, de todos os estereoisômeros dessa molécula.



Nessa mistura, o percentual de aspartame equivale a:

- A) 20%
- B) 25%
- C) 33%
- D) 50%

UNIDADE 6

SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS E SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

Propriedades físicas de substâncias orgânicas

Nesta unidade, vamos estudar duas propriedades físicas das substâncias orgânicas, a temperatura de ebulição e solubilidade. Em nosso dia a dia, podem ocorrer situações que envolvem tais propriedades. Por exemplo, se uma pessoa sujar uma roupa com graxa, ela não conseguirá remover a mancha apenas com água, pois tais materiais não tendem a dissolver entre si, devido à diferença entre suas polaridades. Neste caso, deve-se utilizar outro material que possibilite a remoção, como veremos mais adiante.

As diferentes temperaturas de ebulição de substâncias possibilitam a separação dos derivados do petróleo, como gasolina, óleo diesel, querosene utilizando-se o processo denominado destilação fracionada.

Para estudarmos as propriedades físicas citadas, faremos uma pequena revisão de ligações intermoleculares.

Ligações intermoleculares

As substâncias moleculares têm ligações covalentes entre seus átomos (ligações **intramoleculares**), e no estado sólido e líquido, apresentam interações mais fracas entre suas moléculas denominadas ligações **intermoleculares**. Estas ligações praticamente deixam de existir quando a substância passa para o estado gasoso.

As ligações intermoleculares são: **dipolo induzido-dipolo induzido**, **dipolo-dipolo** e **ligação de hidrogênio**. Elas podem ocorrer entre moléculas iguais de uma mesma substância ou entre moléculas diferentes de uma mistura.

Ligação dipolo induzido-dipolo induzido

Esta é uma interação fraca característica de moléculas apolares e também é conhecida como força de dispersão de London (**força de London**). Ela ocorre entre todos os tipos de moléculas, mas moléculas apolares como o tetracloreto de carbono (CCl_4) e os hidrocarbonetos em geral só fazem este tipo de ligação.

Ligação dipolo-dipolo

Este tipo de interação também é conhecido como **ligação dipolo permanente-dipolo permanente**. É mais forte que a anterior e ocorre entre moléculas polares. Este tipo de ligação pode ser realizado, por exemplo, em substâncias das funções aldeído, cetona e éter.

Apesar dos éteres poderem fazer ligações do tipo dipolo-dipolo, a sua polaridade é baixa.

Ligação de hidrogênio

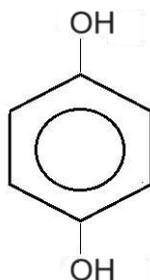
São interações mais fortes que as ligações dipolo-dipolo e ocorre entre moléculas de uma substância que possuem hidrogênio (H) ligado a flúor (F), oxigênio (O) ou nitrogênio (N). Estes três últimos elementos químicos são muito eletronegativos, polarizando ainda mais a ligação com o hidrogênio.

No caso de uma mistura, ela também aparece entre uma molécula que possui hidrogênio (H) ligado a flúor (F), oxigênio (O) ou nitrogênio (N) e outra molécula que apresente flúor, oxigênio ou nitrogênio.

Dentre as substâncias orgânicas que fazem ligação de hidrogênio, podemos destacar os álcoois, os ácidos carboxílicos, as aminas primária e secundária com hidrogênio ligado ao nitrogênio e as amidas que possuem hidrogênio ligado ao nitrogênio.

ATENÇÃO!

Nem toda molécula que faz ligação de hidrogênio é polar. Por exemplo, a molécula do 1,4-di-hidróxi-benzeno é apolar, pois os vetores polaridade se anulam, mas ela pode fazer ligação de hidrogênio, pois possui hidrogênio ligado a átomo de oxigênio.



1,4-di-hidróxi-benzeno

Temperatura de ebulição

Sabemos que quando uma substância líquida é aquecida sob determinada pressão, ela passa rapidamente para o estado gasoso, ao ser atingida a sua temperatura de ebulição.

A temperatura de ebulição da substância depende da força da ligação que é rompida durante a mudança de estado físico. Quanto mais forte é essa ligação, maior é a temperatura de ebulição da substância.

As substâncias moleculares possuem fortes ligações covalentes (ligações intramoleculares) entre os átomos de uma mesma molécula e fracas ligações entre as moléculas (ligações intermoleculares). Somente as ligações intermoleculares são rompidas durante a ebulição. A ordem crescente das forças das ligações intermoleculares é a seguinte:

Dipolo induzido-dipolo induzido < dipolo-dipolo < ligação de hidrogênio

A temperatura de ebulição de uma substância está relacionada com o tamanho da sua molécula e o tipo de ligação intermolecular que ela faz.

Tamanho da molécula

Se substâncias moleculares possuem **o mesmo tipo de força intermolecular**, tem maior temperatura de ebulição aquela formada por moléculas de maior tamanho, pois apresentam maiores superfícies de contato entre elas, podendo fazer um número maior de ligações intermoleculares, sendo necessária maior quantidade de energia para rompê-las.

Por exemplo, hidrocarbonetos como propano (C₃H₈), butano (C₄H₁₀) e pentano (C₅H₁₂) são apolares, logo suas ligações intermoleculares são do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Observe, no quadro a seguir, as suas temperaturas de ebulição:

Fórmula molecular	Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
C ₃ H ₈	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>propano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-42,1
C ₄ H ₁₀	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>butano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-0,5
C ₅ H ₁₂	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>pentano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	36,1

O pentano possui moléculas maiores que o butano que por sua vez possui moléculas maiores que o propano, por isso o pentano possui maior temperatura de ebulição.

Analise o quadro a seguir:

Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{ccccccccc} & H & H & H & H & H & & & \\ & & & & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -C & -C & -H & & \\ & & & & & & & & \\ & H & H & H & H & H & & & \end{array} $ <p>pentano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>36,1</p>
$ \begin{array}{ccccccccccc} & H & & H & & H & & H & & & \\ & & & & & & & & & & \\ H & -C & - & C & - & C & - & C & - & H & \\ & & & & & & & & & & \\ & H & & H & - & C & - & H & & & \\ & & & & & & & & & & \\ & & & & & H & & & & & \end{array} $ <p>metil-butano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>27,8</p>
$ \begin{array}{ccccccc} & & H & & & & \\ & & & & & & \\ & H & -C & -H & & H & \\ & & & & & & \\ H & -C & -C & -C & -H & & \\ & & & & & & \\ & H & & & & H & \\ & & H & -C & -H & & \\ & & & & & & \\ & & & H & & & \end{array} $ <p>dimetil-propano</p>	<p>Dipolo induzido-dipolo induzido</p>	<p>9,5</p>

No caso de substâncias de mesma fórmula molecular, quanto maior o número de ramificações, menor é a temperatura de ebulição da substância. Nos exemplos do quadro anterior, o pentano tem moléculas de cadeia carbônica maior, mais extensa, o que possibilita maior contato e interações entre elas.

Tipo de ligação intermolecular

Se substâncias moleculares cujas moléculas **que possuem tamanhos próximos** têm forças intermoleculares diferentes, apresenta maior ponto de ebulição a substância que possui a ligação intermolecular mais forte, pois tal interação exige maior fornecimento de energia para ser rompida.

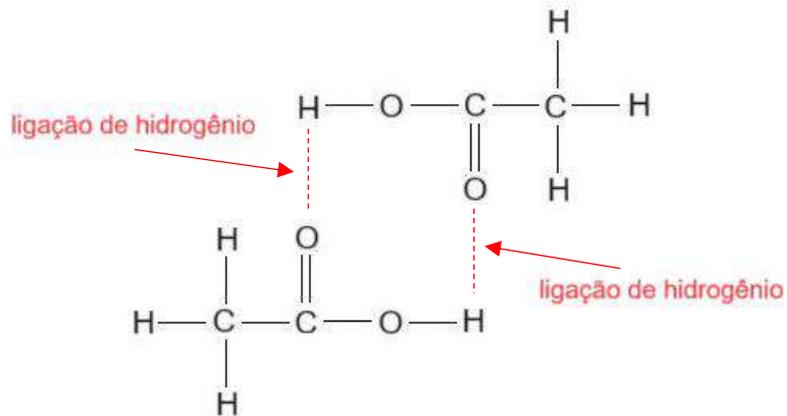
A ordem crescente das ligações intermoleculares é a seguinte:

Dipolo induzido-dipolo induzido < Dipolo-dipolo < Ligação de hidrogênio

Considere o quadro a seguir:

Fórmula estrutural plana	Ligação intermolecular	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>etano</p>	Dipolo induzido-dipolo induzido	-89,0
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p>etanal</p>	Dipolo-dipolo	20,2
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>etanol</p>	Ligação de hidrogênio	78,4
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $ <p>ácido etanoico</p>	Ligação de hidrogênio	118,0

Observe que as moléculas apresentadas no quadro possuem tamanhos próximos e ligações intermoleculares diferentes. As substâncias etanol e ácido etanoico possuem temperaturas de ebulição mais altas porque fazem a ligação intermolecular mais forte. A temperatura de ebulição do ácido etanoico é maior que a do etanol, porque cada duas moléculas do ácido podem fazer duas ligações de hidrogênio entre si, conforme a ilustração a seguir.



Agora, considere os exemplos:

Fórmula estrutural espacial	Temperatura de ebulição (°C) a 1 atm
$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{Cl} \quad \text{H} \end{array} $ <p>trans-1,2-dicloro-eteno</p>	<p>47,5</p>
$ \begin{array}{c} \text{Cl} \quad \text{Cl} \\ \quad \\ \text{C} = \text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $ <p>cis-1,2-dicloro-eteno</p>	<p>60,3</p>

A temperatura de ebulição da substância trans-1,2-dicloro-eteno é menor porque as suas moléculas isômeras do tipo “trans” são apolares, enquanto que as suas moléculas do tipo “cis” são polares.

Solubilidade

A solubilidade das substâncias orgânicas em uma determinada temperatura e pressão depende da polaridade das suas moléculas e de suas interações intermoleculares.

Quando uma substância entra em contato com outra, ela pode ser dissolvida ou não. Uma **substância polar** tende a dissolver outra **substância polar**. Já uma **substância apolar** tende a dissolver **substância apolar**. Quando a dissolução é total, a mistura formada apresenta um único aspecto visual, ou seja, trata-se de uma **mistura homogênea**.

Quando uma substância polar é posta em contato com uma substância apolar, elas não tendem a se dissolver, formando uma mistura com mais de um aspecto visual, ou seja, uma **mistura heterogênea**.

Petróleo e seus derivados (hidrocarbonetos), óleos, graxas e gorduras em geral, contêm substâncias apolares e, por isso, não tendem a se dissolver em água que é polar.

O etóxi-etano ou éter etílico tem baixa polaridade, logo ele costuma ser usado como solvente de substâncias orgânicas apolares.

CURIOSIDADE

Algumas plantas não se molham, pois gotas de água rolam ao caírem sobre sua superfície carregando consigo a sujeira presente. É o chamado efeito lótus provocado pelo fato de suas folhas possuírem uma cera (apolar) que não possui afinidade pela água.

Moléculas que possuem uma parte polar e outra apolar, como as dos álcoois e detergentes são solúveis em solventes polares, como a água, e em apolares, como o óleo e a gasolina. A parte apolar deste tipo de molécula é **hidrofóbica** (não possui afinidade pela água) e a parte polar é **hidrófila** (possui afinidade pela água).

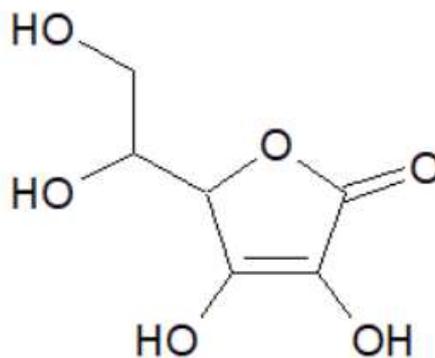
No caso de um álcool, a parte polar é a hidroxila e a parte apolar é a cadeia contendo os átomos de carbono. Tal fato possibilita, por exemplo, o etanol formar uma mistura homogênea com a gasolina. A gasolina é apolar e como o etanol também tem uma parte apolar em suas moléculas, ele pode ser dissolvido na gasolina.

A solubilidade de um álcool em água depende do tamanho da parte que contém os átomos de carbono. Os álcoois que possuem até três átomos de carbono por molécula, são muito solúveis em água, possuem solubilidade infinita à 25 °C.

No caso dos outros álcoois, a sua solubilidade em água depende do tamanho de sua parte apolar, pois sua influência na dissolução passa a predominar sobre a da parte polar. Quanto maior a cadeia contendo os átomos de carbono dos álcoois com 4 ou mais átomos de carbono, menor é a sua solubilidade em água.

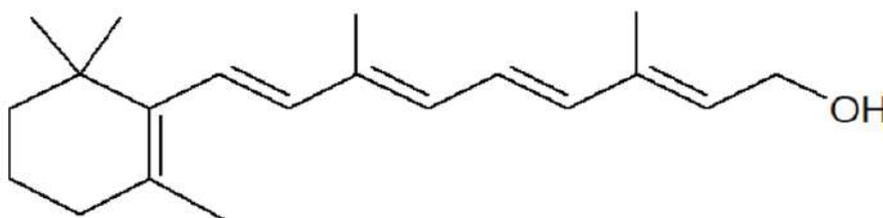
Conforme já estudamos no volume 1 desta obra, na água líquida há ligações de hidrogênio entre suas moléculas. O fato de uma substância orgânica possuir moléculas que podem fazer ligações de hidrogênio com as moléculas de água contribui para a sua solubilização nesse solvente polar.

Por exemplo, a vitamina C é muito solúvel em água (solvente polar), devido à presença de muitas hidroxilas em sua molécula, possibilitando-a realizar muitas ligações de hidrogênio com as moléculas de água.



Estrutura da vitamina C.

A vitamina A dissolve bem em óleos e gorduras (solventes apolares), pois apesar de possuir uma hidroxila por molécula, a sua parte apolar (a cadeia de carbonos e hidrogênios) é grande, dificultando a sua solubilização em água.



Estrutura da vitamina A.

Uma substância solúvel em água é classificada como **hidrossolúvel**, enquanto que uma substância solúvel em óleos e gorduras é classificada como **lipossolúvel**. Portanto, a vitamina C é hidrossolúvel e a vitamina A é lipossolúvel.

Quando uma substância iônica (exemplo: sal orgânico) se dissolve em água, suas estruturas formam com as moléculas de água interações do tipo **ion-dipolo**, que são mais fortes que as ligações de hidrogênio.

ATENÇÃO!

Apesar de muitas substâncias se dissolverem em água, este solvente apresenta uma elevada **tensão superficial** que é a resistência oferecida por um líquido à penetração de um material. Esta característica se deve à presença de ligações de hidrogênio entre moléculas de água. As moléculas da superfície da água são continuamente atraídas para o interior do líquido pelas moléculas que estão ao lado ou abaixo. Como praticamente não há força contrária para anular esse efeito, as moléculas superficiais se aproximam, dando a impressão de haver uma fina lâmina elástica.

É a tensão superficial que faz com que uma gota tenha uma forma esférica e também possibilita certos insetos andarem sobre a água. Tais insetos possuem pelos revestidos por uma camada de gordura apolar que não rompe a tensão superficial da água, impedindo que eles afundem.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. (UFRJ - adaptada) A tabela a seguir apresenta algumas propriedades físicas de quatro substâncias orgânicas.

Nome	Fórmula molecular	Massa molecular (u)	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
pentano	C ₅ H ₁₂	72	-130	36
butanal	C ₄ H ₈ O	72	-99	76
butan-1-ol	C ₄ H ₁₀ O	74	-90	118
ácido propanoico	C ₃ H ₆ O ₂	74	-22	141

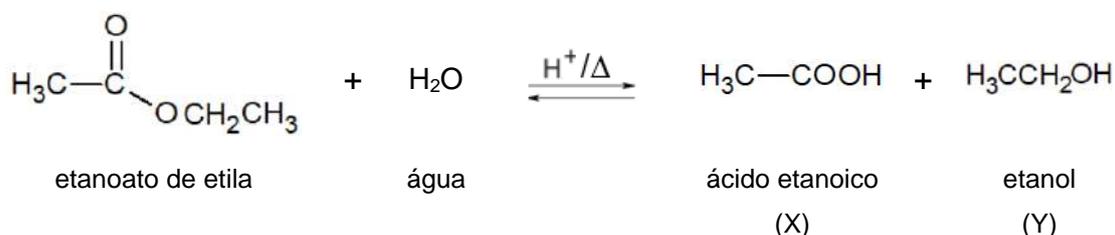
Explique por que o butanal apresenta um ponto de ebulição mais elevado do que o pentano.

2. O metóxi-metano e o etanol possuem a mesma massa molecular, porém a temperatura de ebulição do metóxi-metano é -25 °C, enquanto que a do etanol é igual a 78,3 °C.

a) Apresente a fórmula estrutural plana de cada substância citada.

b) Explique a diferença entre as temperaturas de ebulição.

3. (UERJ) Um dos métodos de obtenção de ácido etanoico está esquematicamente mostrado a seguir:



a) Para cada um dos produtos X e Y formados na reação acima, escreva a estrutura de um isômero plano de função.

b) Sabendo-se que os pontos de ebulição dos produtos X e Y são respectivamente 118 °C e 78 °C, apresente duas justificativas para essa diferença.

4. (UERJ) As propriedades físicas dos compostos orgânicos estão relacionadas tanto com as estruturas de suas moléculas quanto com suas interações intermoleculares. Com base nesse princípio, considere as seguintes temperaturas de ebulição, sob pressão atmosférica, dos três isômeros planos de fórmula molecular C_5H_{12} :

ISÔMERO	TEMPERATURA DE EBULIÇÃO (°C)
A	9,5
B	28,0
C	36,0

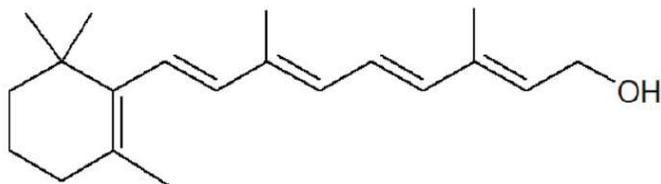
Escreva a nomenclatura oficial de cada isômero, em ordem crescente de temperatura de ebulição.

5. A propilamina e a trimetilamina são substâncias isômeras, porém a trimetilamina possui temperatura de ebulição menor.

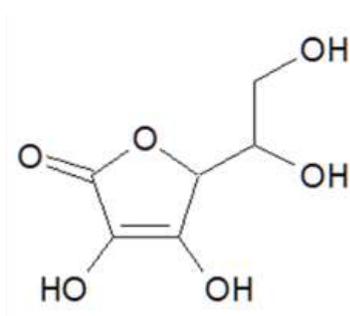
a) Escreva as estruturas das substâncias citadas.

b) Explique o motivo de a temperatura de ebulição da trimetilamina ser menor que a da propilamina.

6. (FUVEST) Uma das propriedades que determina maior ou menor concentração de uma vitamina na urina é a sua solubilidade em água.



Vitamina A
(ponto de fusão = 62 °C)



Vitamina C
(ponto de fusão = 193 °C)

- a) Qual dessas vitaminas é mais facilmente eliminada na urina? Justifique.
- b) Dê uma justificativa para o ponto de fusão da vitamina C ser superior ao da vitamina A.

7. (UFRRJ) Um dos critérios utilizados pelos químicos para classificar as substâncias leva em consideração, principalmente, o tipo de elemento e o número de átomos desse elemento. Muitas propriedades são decorrentes dessas combinações. A tabela abaixo contém propriedades de algumas substâncias.

Substâncias	PF (°C)	PE (°C)	d (g/mL)	Solubilidade em H ₂ O
Glicerina	20	290	1,26	Muito solúvel
Eugenol	-7,5	253	1,07	Insolúvel
Etanodiol	-144	35	0,84	Pouco solúvel

- a) Em que estado físico se encontra a glicerina num dia muito frio, com a temperatura próxima a 0 °C?

- b) Uma mistura de eugenol e glicerina pode ser separada por adição de água? Justifique.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. (UERJ) Uma indústria fabrica um produto formado pela mistura das quatro aminas de fórmula molecular C_3H_9N . Com o intuito de separar esses componentes, empregou-se o processo de destilação fracionada, no qual o primeiro componente a ser separado é o de menor ponto de ebulição. Nesse processo, a primeira amina a ser separada é denominada:

- A) propilamina
- B) trimetilamina
- C) etilmetilamina
- D) isopropilamina

2. (PUC-RJ) Sabemos que ocorre um aumento na intensidade das forças intermoleculares à medida que temos ligações do tipo dipolo induzido-dipolo induzido, dipolo permanente-dipolo permanente e ligação de hidrogênio. Assim, a ordem crescente de ponto de ebulição dos compostos metóxi-etano, butano e propilamina está correta na alternativa:

- A) metóxi-etano > butano > propilamina
- B) butano > propilamina > metóxi-etano
- C) propilamina > butano > metóxi-etano
- D) propilamina > metóxi-etano > butano
- E) metóxi-etano > propilamina > butano

3. (PUC-RJ - adaptada) Sobre os compostos butano, butan-1-ol e ácido butanoico, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. Suas fórmulas moleculares são respectivamente C_4H_{10} , $C_4H_{10}O$ e $C_4H_8O_2$.
- II. A solubilidade em água do butano é maior do que a do butan-1-ol.
- III. O ponto de ebulição do ácido butanoico é maior do que o do butan-1-ol.
- IV. O ponto de fusão do butano é maior do que o ácido butanoico.

Estão corretas as afirmações:

- A) I, III e IV.
- B) II e IV.
- C) I e III.
- D) III e IV
- E) I e II

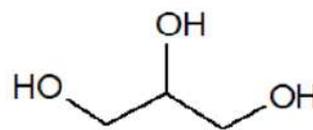
4. (PUC-RJ adaptada) Abaixo são mostradas as estruturas de três compostos orgânicos: o butan-1-ol **(1)**, o butanal **(2)** e o glicerol **(3)**.



butan-1-ol
(1)



butanal
(2)

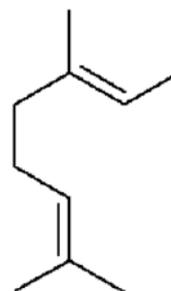
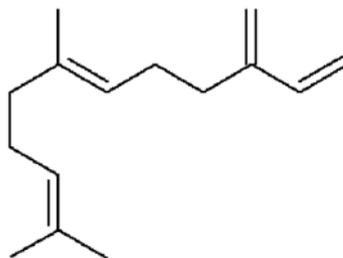
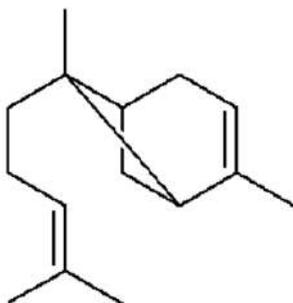


glicerol
(3)

Sobre esses compostos é correto afirmar que

- A) os três apresentam a mesma solubilidade em água.
- B) o de menor ponto de ebulição é o **(2)**
- C) o **(3)** é o que apresenta menor solubilidade em água
- D) como **(1)** e **(3)** são álcoois, possuem o mesmo ponto de ebulição.
- E) o **(2)** é o que apresenta maior solubilidade em água.

5. (Enem) Uma lagarta ao comer as folhas do milho, induz no vegetal a produção de óleos voláteis cujas estruturas estão mostradas a seguir:



A volatilidade desses óleos é decorrência do(a)

- A) elevado caráter covalente.
- B) alta miscibilidade em água.
- C) baixa estabilidade química.
- D) grande superfície de contato.
- E) fraca interação intermolecular.

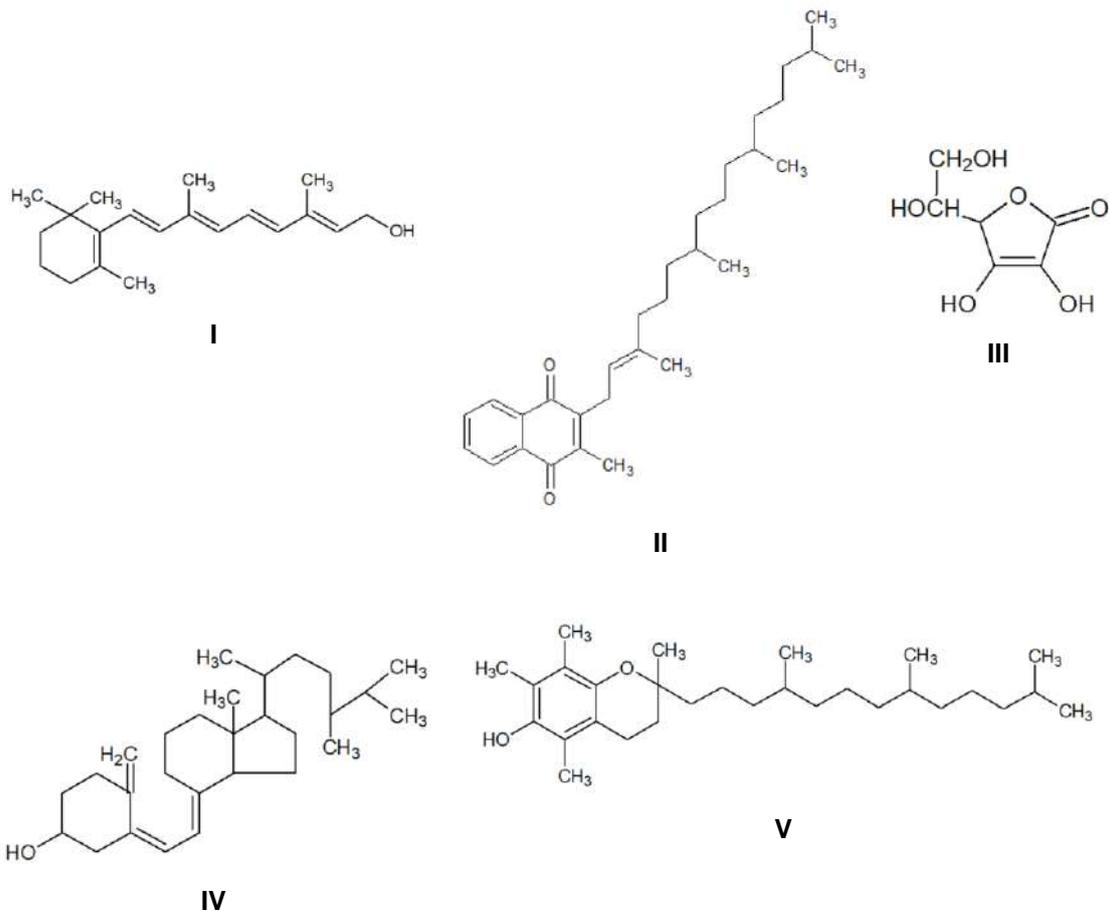
6. (Enem) Além de ser uma prática ilegal, a adulteração de combustíveis é prejudicial ao meio ambiente, ao governo e, especialmente, ao consumidor final. Em geral, essa adulteração é feita utilizando compostos com propriedades físicas semelhantes às do combustível, mas de menor valor agregado.

Considerando um combustível com 20% de adulterante, a mistura em que a adulteração seria identificada visualmente é:

- A) etanol e água.
- B) etanol e acetona.
- C) gasolina e água.
- D) gasolina e benzeno.
- E) gasolina e querosene.

7. (Enem) O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade.

Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estruturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.

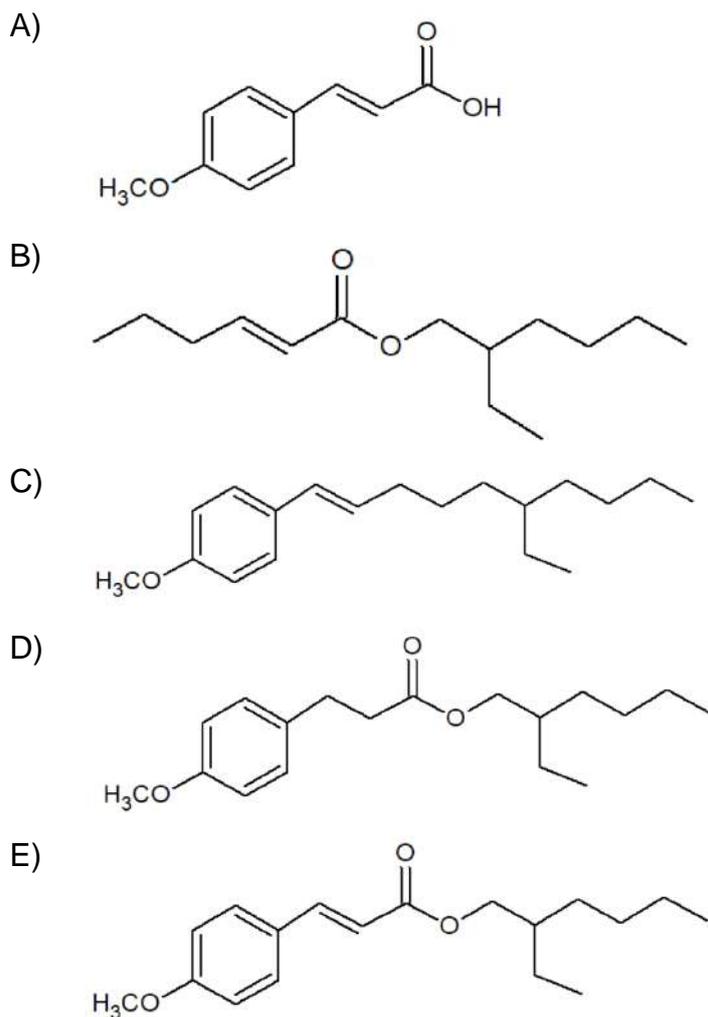


Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) IV.
- E) V.

8. (Enem) O uso de protetores solares em situações de grande exposição aos raios solares como, por exemplo, nas praias, é de grande importância para a saúde. As moléculas ativas de um protetor apresentam, usualmente, anéis aromáticos conjugados com grupos carbonila, pois esses sistemas são capazes de absorver a radiação ultravioleta mais nociva aos seres humanos. A conjugação é definida como a ocorrência de alternância entre ligações simples

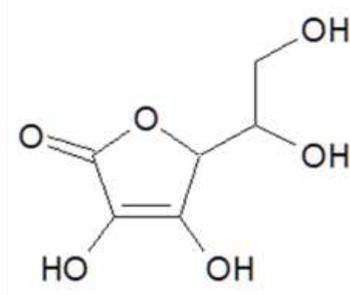
e duplas em uma molécula. Outra propriedade das moléculas em questão é apresentar, em uma de suas extremidades, uma parte apolar responsável por reduzir a solubilidade do composto em água, o que impede sua rápida remoção quando do contato com a água. De acordo com as considerações do texto, qual das moléculas apresentadas a seguir é a mais adequada para funcionar como molécula ativa de protetores solares?



9. (Enem) O câncer é uma doença bastante assustadora, fatal em muitos casos, e sua principal forma de tratamento, a quimioterapia, é conhecida por gerar efeitos colaterais nada agradáveis. Por isso, não é surpresa que caminhos alternativos não parem de surgir para auxiliar a terapia dessa doença. A aposta da vez é uma velha conhecida: a vitamina C, popularmente usada no combate à

gripe. Um estudo sugere que, se injetada por via intravenosa, a substância reduz os efeitos indesejáveis da quimioterapia e até potencializa o efeito do tratamento.

Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2014/02/contra-a-gripe-e-o-cancer>>.



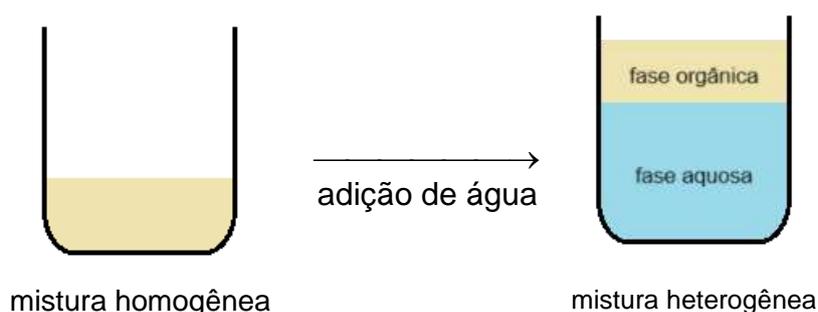
Vitamina C

Com base na fórmula constitucional da vitamina C, pode-se inferir que:

- A) se trata de uma molécula lipofílica, logo sua solubilidade no sangue é alta, e, por isso, ela é rapidamente absorvida.
- B) o fato de ter as funções álcool e cetona a torna bastante solúvel em água.
- C) a vitamina possui características hidrofílicas e pode fazer pontes de hidrogênio com a água, o que a torna bastante solúvel.
- D) a vitamina C é um poliálcool de cadeia homocíclica.
- E) pode ser usada no tratamento do câncer em detrimento da quimioterapia.

10. (UERJ) Considere uma mistura homogênea que contém quantidades iguais de quatro substâncias orgânicas: hexano, pentano, ácido etanoico e metilbenzeno.

Com a adição de uma determinada quantidade de água, obteve-se uma mistura heterogênea, como ilustra o esquema a seguir:



Na fase aquosa da mistura heterogênea, apenas a substância orgânica de maior solubilidade em água está presente.

Essa substância é denominada:

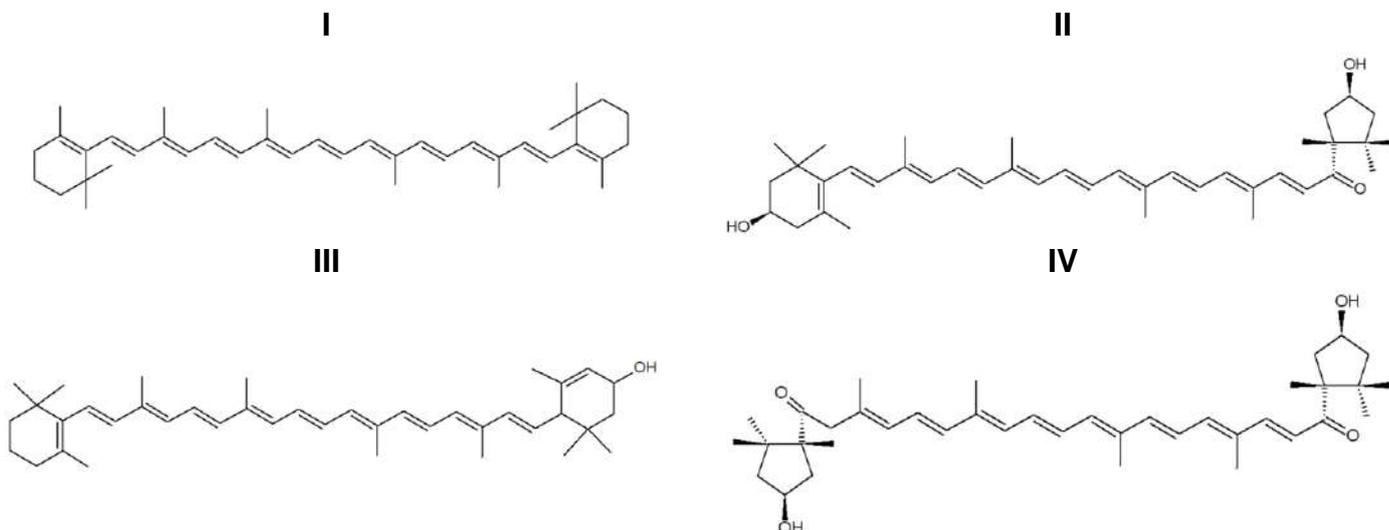
- A) hexano
- B) pentano
- C) ácido etanoico
- D) metilbenzeno

11. (Enem) Bebidas alcoólicas, algumas soluções desinfetantes ou até álcool combustível são exemplos de misturas constituídas por etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) e água. A “afinidade” entre esses líquidos é suficiente para possibilitar que a mistura formada por 500 mL de água e 500 mL de etanol origine uma solução de 970 mL, em um processo que envolve liberação de pequena quantidade de energia. De certa forma, isso constitui um problema para os fabricantes, uma vez que, para obterem um litro dessa mistura, necessitariam misturar mais do que 500 mL de cada um dos líquidos.

Do ponto de vista da química, a que se deve essa variação de volume?

- A) À redução do volume das moléculas.
- B) Ao abaixamento da massa molecular.
- C) À formação de ligações covalentes mais fortes.
- D) À diminuição do grau de agitação das moléculas.
- E) Ao estabelecimento de interações intermoleculares mais intensas.

12. (UERJ) A cromatografia é uma técnica de separação de substâncias orgânicas a partir da polaridade das suas moléculas. Admita que um corante natural foi analisado por essa técnica e que sua composição apresenta as seguintes substâncias:



Após a separação cromatográfica, as moléculas do corante se distribuíram em duas fases: na primeira, identificaram-se as moléculas com grupamentos polares; na segunda, a molécula apolar. A substância presente na segunda fase é indicada por:

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV

13. (Enem) Em um laboratório de química foram encontrados cinco frascos não rotulados, contendo: propanona, água, tolueno, tetracloreto de carbono e etanol. Para identificar os líquidos presentes nos frascos, foram feitos testes de solubilidade e inflamabilidade. Foram obtidos os seguintes resultados:

- Frascos 1, 3 e 5 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 2 e 4 contêm líquidos miscíveis entre si;
- Frascos 3 e 4 contêm líquidos não inflamáveis.

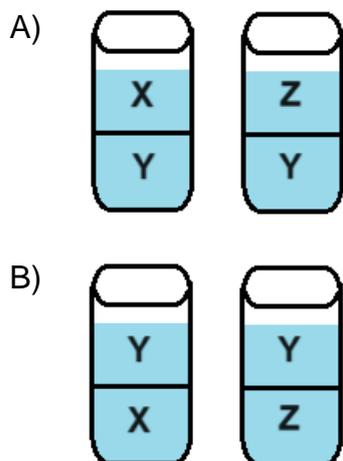
Com base nesses resultados, pode-se concluir que a água está contida no frasco

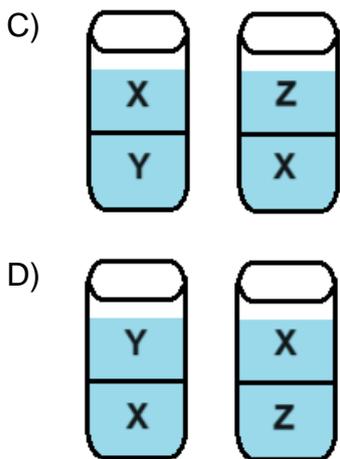
- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

14. (UERJ) Para uma experiência de misturas, há três líquidos disponíveis em um laboratório: X, Y e Z. Em dois recipientes transparentes, foram adicionados volumes iguais de dois desses líquidos, à temperatura ambiente. Observe a tabela:

Líquido	Substância	Densidade (g/cm ³)
X	água	1,00
Y	benzeno	0,87
Z	tetraclorometano	1,59

Tendo em vista as propriedades dos líquidos, as misturas heterogêneas possíveis são as representadas em:



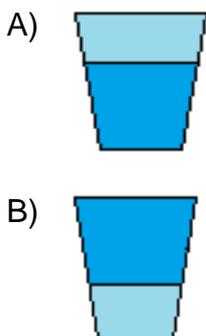


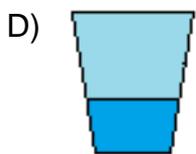
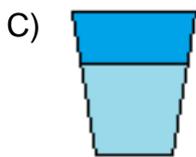
15. (UERJ) Cosméticos de uso corporal, quando constituídos por duas fases líquidas imiscíveis, são denominados óleos bifásicos. Observe na tabela as principais características de um determinado óleo bifásico.

Fase	Solvente	Volume (mL)	Massa (g)
aquosa	água	30,0	30,0
orgânica	Solvente orgânico apolar	70,0	56,0

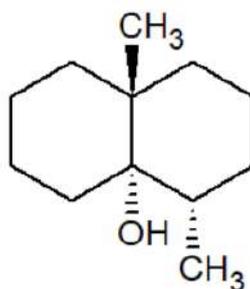
Para diferenciar as duas fases, originariamente incolores, é adicionado ao óleo um corante azul de natureza iônica, que se dissolve apenas na fase em que o solvente apresenta maior afinidade pelo corante. Essa adição não altera as massas e volumes das fases líquidas.

As duas fases líquidas do óleo bifásico podem ser representadas pelo seguinte esquema:





16. (UERJ) Duas das principais etapas do tratamento de água para abastecimento humano envolvem a filtração e a decantação do material particulado presente na água. Recentemente, devido ao excesso de esgoto doméstico presente no rio Guandu, onde fica a estação de tratamento de água do Rio de Janeiro, foi necessário acrescentar uma etapa complementar de filtração por carvão ativado. Essa nova etapa destina-se à remoção de compostos orgânicos, que afetam o cheiro e o sabor da água e que não são removidos pelo tratamento convencional. Um exemplo desses compostos é a geosmina, que tem a seguinte fórmula estrutural:



A filtração complementar baseia-se na formação de interações intermoleculares entre a geosmina e o carvão ativado, que é composto basicamente por átomos de carbono.

As interações com o carvão ativado no processo de filtração são decorrentes da presença, na molécula de geosmina, do seguinte segmento de cadeia:

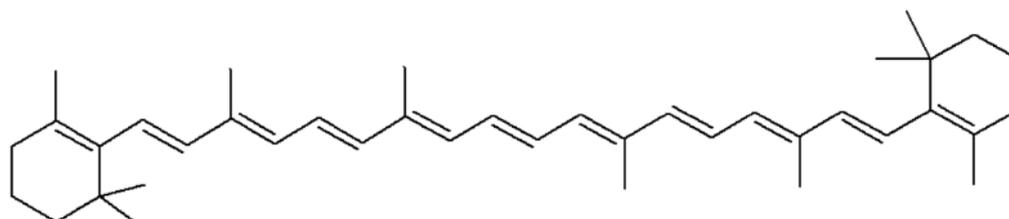
- A) apolar
- B) alifático
- C) com hidroxila
- D) com carbonila

17. (UERJ) Em um experimento, foi analisado o efeito do número de átomos de carbono sobre a solubilidade de álcoois em água, bem como sobre a quiralidade das moléculas desses álcoois. Todas as moléculas de álcoois testadas tinham número de átomos de carbono variando de 2 a 5, e cadeias carbônicas abertas e não ramificadas.

Dentre os álcoois utilizados contendo um centro quiral, aquele de maior solubilidade em água possui fórmula estrutural correspondente a:

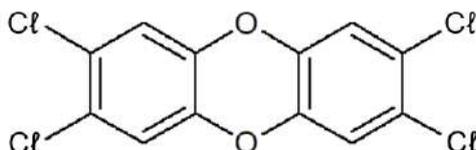
- A)
- B)
- C)
- D)

18. (UERJ) O betacaroteno, cuja fórmula estrutural está representada a seguir, é um pigmento presente em alguns vegetais, como cenoura e tomate. Dentre os solventes abaixo, aquele que melhor solubiliza o betacaroteno é:



- A) água
- B) etanol
- C) hexano
- D) propanona

19. (Enem) A crescente produção industrial lança ao ar diversas substâncias tóxicas que podem ser removidas pela passagem do ar contaminado em tanques para filtração por materiais porosos, ou para dissolução em água ou solventes orgânicos de baixa polaridade, ou para neutralização em soluções ácidas ou básicas. Um dos poluentes mais tóxicos liberados na atmosfera pela atividade industrial é a 2,3,7,8-tetraclorodioxina.



Esse poluente pode ser removido do ar pela passagem através de tanques contendo

- A) hexano.
- B) metanol.
- C) água destilada.
- D) ácido clorídrico aquoso.
- E) hidróxido de amônio aquoso.

20. (Enem) O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).

No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

- A) Ligações dissulfeto.
- B) Ligações covalentes.
- C) Ligações de hidrogênio.
- D) Interações dipolo induzido-dipolo induzido.
- E) Interações dipolo permanente-dipolo permanente.

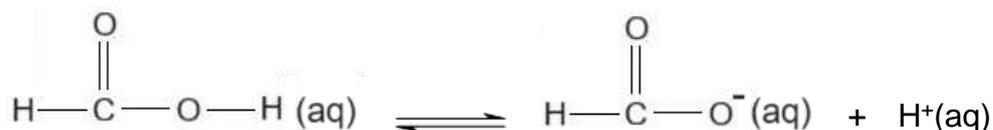
UNIDADE 7

ACIDEZ E BASICIDADE DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

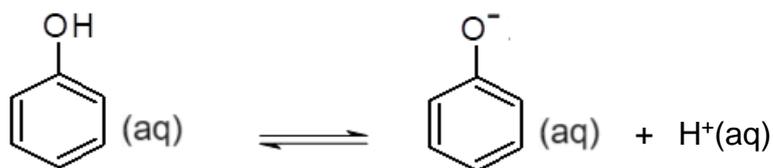
Acidez de substâncias orgânicas

Segundo Svante Arrhenius (1859-1927), ácido é uma substância que ao se dissolver em água libera um ou mais íons H^+ . Dentre as substâncias orgânicas que apresentam caráter ácido, as mais importantes são os ácidos carboxílicos, os fenóis e os álcoois.

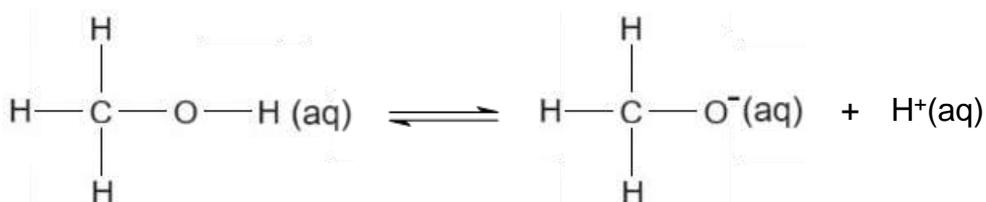
Observe alguns exemplos de equações químicas de ionização de substâncias orgânicas de caráter ácido em presença de água:



ácido carboxílico



fenol



álcool

A ordem crescente de acidez de tais funções orgânicas é:

álcool < fenol < ácido carboxílico

Conforme estudamos no volume 2, quanto maior a acidez de uma substância, maior é o valor da sua constante de acidez K_a .

A água também tem tendência pequena de liberar H^+ , ou seja, bem poucas moléculas dessa substância se transformam em H^+ e OH^- . Os álcoois possuem uma tendência menor que a água em liberar H^+ , ou seja, sua acidez é menor que a da água.

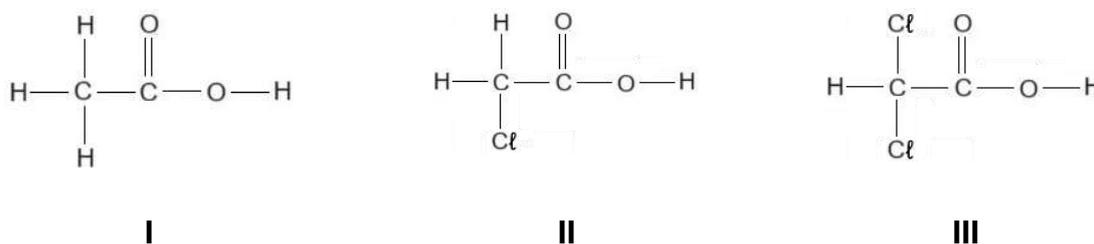
No caso de ácidos carboxílicos, a sua acidez depende do grupo ou elemento químico ligado à carboxila.

• **Grupo ou elemento atrator de elétrons** (exemplos: **-F, -Br, -I, -Cl, -NO₂, -OH**): atrai os elétrons de ligação na hidroxila, facilita a liberação do H^+ e **aumenta a acidez** da substância.

Quanto mais próximo da carboxila está o elemento ou grupo atrator de elétrons, maior é a acidez da substância.

A presença de mais de um grupo ou elemento atrator de elétrons aumenta ainda mais a acidez da substância.

Exemplo:



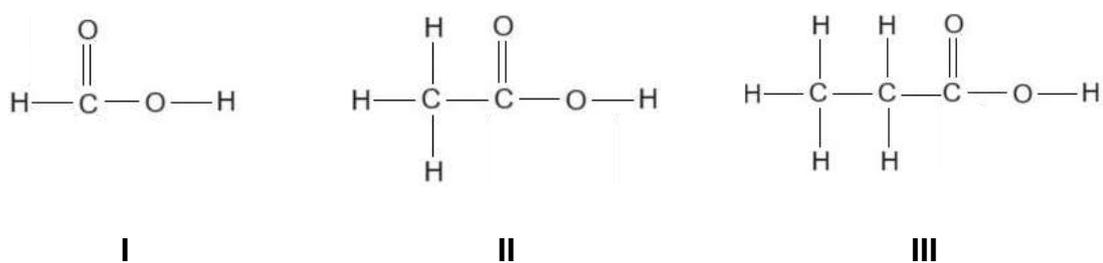
A ordem crescente de acidez das substâncias acima é:



A substituição de um átomo de hidrogênio da substância **I** pelo cloro (elemento atrator de elétrons) provoca um aumento de acidez, tornando a substância **II** mais ácida que a **I**. A introdução de mais um átomo de cloro faz com que a substância **III** seja ainda mais ácida que a substância **II**.

• **Grupo ou elemento doador de elétrons** (exemplos: **-H**, **-CH₃**, **-CH₂-CH₃** ou qualquer grupo substituinte de hidrocarboneto): fortalece a ligação na hidroxila, dificulta a liberação do H⁺ e **diminui a acidez** da substância.

Exemplo:



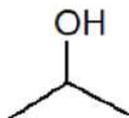
A ordem crescente de acidez dos ácidos acima é:



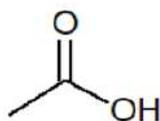
A substituição de um átomo de hidrogênio da substância **I** pelo grupo metil que é doador de elétrons provoca uma diminuição de acidez, logo a substância **II** é menos ácida que a substância **I**. A acidez diminui ainda mais com a substituição de um átomo de hidrogênio da substância **I** pelo grupo etil, formando a substância **III**. Conclui-se que quanto maior a cadeia carbônica ligada à carboxila, menor é a acidez do ácido carboxílico.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

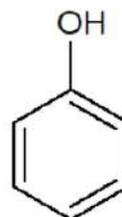
1. Considere as substâncias a seguir:



I



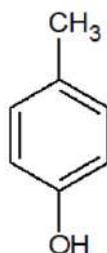
II



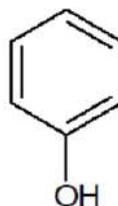
III

Qual delas é a mais ácida?

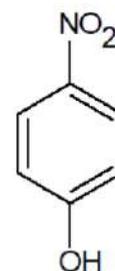
2. Considere as estruturas a seguir:



A



B

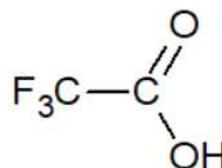
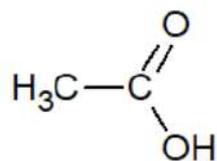


C

a) Apresente o nome oficial (IUPAC) das substâncias A, B e C.

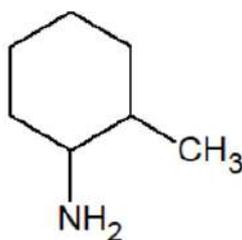
b) Coloque as substâncias consideradas em ordem crescente de acidez.

3. Ácido acético e ácido trifluoroacético apresentam as seguintes fórmulas estruturais, respectivamente:



Qual deles possui maior acidez?

4. Considere a substância a seguir:



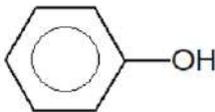
Escreva a equação química da sua reação com o ácido clorídrico (HCl).

5. A metilamina, $\text{H}_3\text{C}-\text{NH}_3$ é proveniente da decomposição de certas proteínas e também responsável pelo odor desagradável de peixe.

Por que ao se adicionar vinagre ao peixe, o cheiro desagradável diminui?

QUESTÕES DE VESTIBULAR

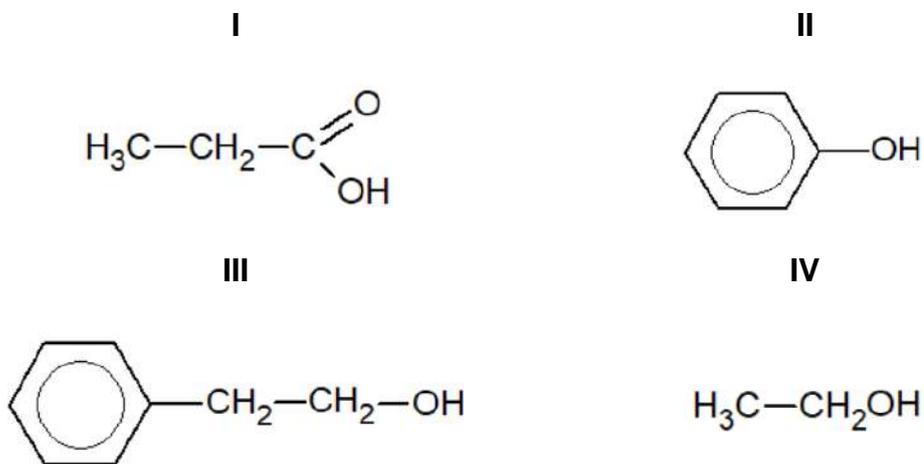
1. (Cesgranrio) Considere a tabela de valores de K_a das substâncias abaixo:

Substância	K_a
$\text{CH}_3\text{-COOH}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
	$1,3 \cdot 10^{-10}$
H_2O	$1,0 \cdot 10^{-14}$
$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$	$1,0 \cdot 10^{-16}$

Com base nesses valores, a ordem correta de acidez é:

- A) água < álcool < fenol < ácido carboxílico.
- B) álcool < ácido carboxílico < água < fenol.
- C) álcool < água < fenol < ácido carboxílico.
- D) fenol > ácido carboxílico > água > álcool.
- E) fenol > álcool > água > ácido carboxílico

2. (FUVEST) Considerando-se os compostos:



pode-se afirmar que:

- A) todos apresentam -OH alcoólico.
- B) apenas os compostos II, III e IV apresentam -OH alcoólico.
- C) somente o composto I tem caráter ácido.
- D) os compostos I e II têm caráter mais ácido que os demais.
- E) os compostos I, II e III não têm ação sobre indicadores.

3. (UFF adaptada) Considere os compostos:

I - Éter etílico

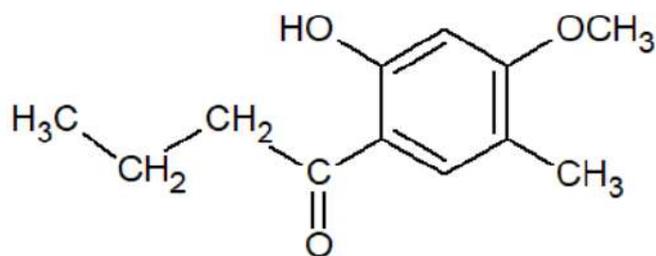
II - Fenol

III – Propan-1-ol

Marque a opção que apresenta os compostos indicados em ordem crescente de acidez.

- A) I, III, II
- B) II, I, III
- C) III, II, I
- D) I, II, III
- E) III, I, II

4. (UNIFOR) O aspídinol, composto orgânico de fórmula estrutural



é um composto:

- A) com propriedades ácidas e, portanto, deve reagir com NaOH.
- B) com propriedades básicas e, portanto, deve reagir com NaOH.

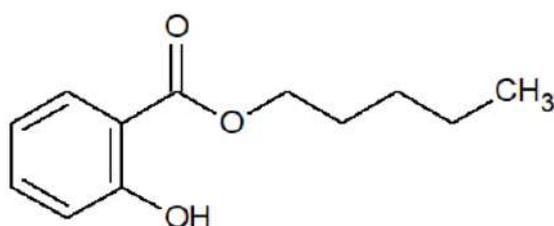
- C) com propriedades básicas e, portanto, deve reagir com HCl.
 D) neutro, nem com propriedades ácidas, nem básicas.
 E) com propriedades ácidas e, portanto, deve reagir com HCl.

5. (UFSCar-SP) O caráter ácido dos compostos orgânicos difere bastante um dos outros. Uma comparação da acidez pode ser feita por meio das estruturas e das constantes de ionização, K_a . Os valores das constantes ao redor de 10^{-42} , 10^{-18} e 10^{-10} podem ser atribuídos, respectivamente, a:

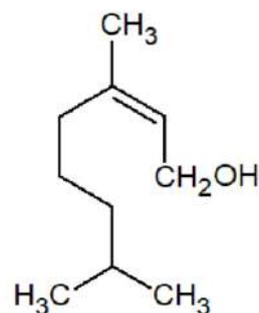
- A) fenóis, álcoois e alcanos.
 B) fenóis, alcanos e álcoois.
 C) álcoois, fenóis e alcanos.
 D) alcanos, fenóis e álcoois.
 E) alcanos, álcoois e fenóis.

6. (UFV-MG) As estruturas abaixo representam substâncias que são utilizadas em perfumaria por apresentarem odores de flores:

Estrutura - I



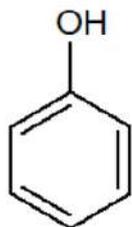
Estrutura - II



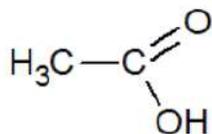
Com relação às estruturas I e II, assinale a alternativa CORRETA:

- A) I e II representam substâncias classificadas como compostos aromáticos.
 B) I e II apresentam a função álcool.
 C) A substância I apresenta maior acidez que a substância II.
 D) A massa molar de I é menor que a massa molar de II.
 E) I e II representam substâncias saturadas.

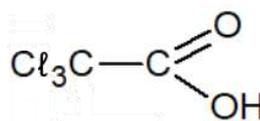
7. (UFRRJ) Colocando-se os compostos abaixo em ordem crescente de acidez, obtém-se:



(I)



(II)



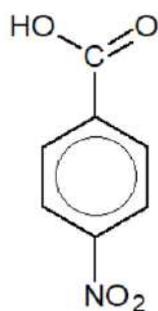
(III)



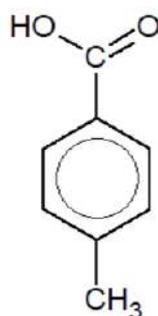
(IV)

- A) IV, I, II, III.
- B) I, IV, III, II.
- C) II, III, IV, I.
- D) I, II, III, IV.
- E) III, I, II, IV.

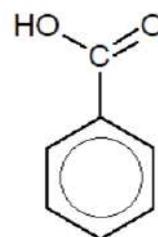
8. (UFPE) Ácidos orgânicos são utilizados na indústria química e de alimentos, como conservantes, por exemplo. Considere os seguintes ácidos orgânicos:



I



II



III

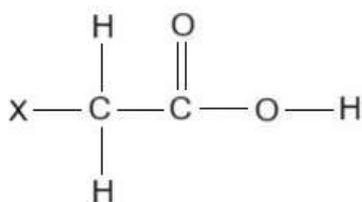
A ordem crescente de acidez destes compostos em água é:

- A) I < II < III
- B) II < I < III

- C) III < II < I
- D) II < III < I
- E) I < III < II

9. (UERJ) Os ácidos orgânicos, comparados aos inorgânicos, são bem mais fracos. No entanto, a presença de um grupo substituinte, ligado ao átomo de carbono, provoca um efeito sobre a acidez da substância, devido a uma maior ou menor ionização.

Considere uma substância representada pela estrutura a seguir:



Essa substância estará mais ionizada em um solvente apropriado quando X representar o seguinte grupo substituinte:

- A) H
- B) I
- C) F
- D) CH₃

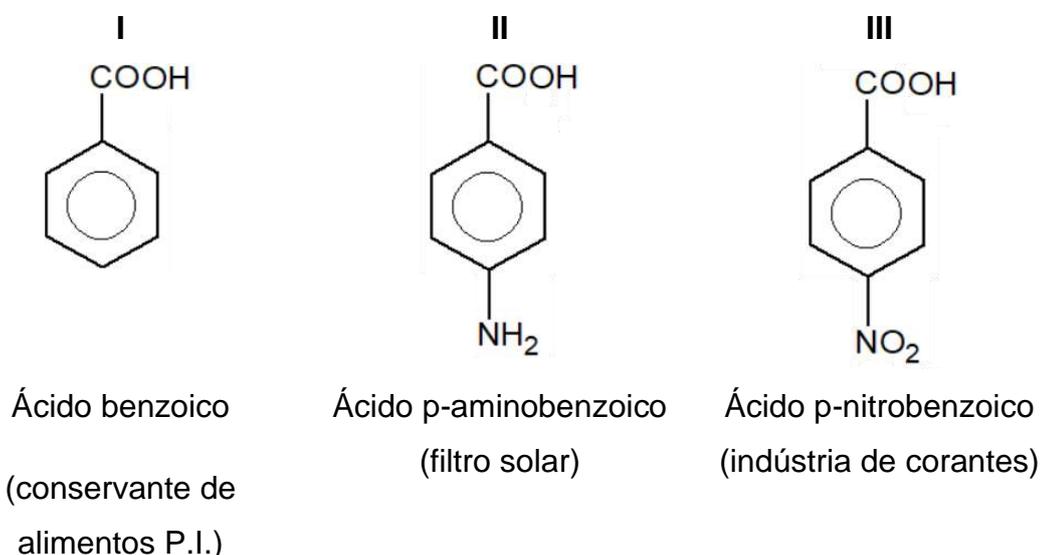
10. (PUC-MG) Os ácidos orgânicos

- (1) CH₃COOH,
- (2) CH₂ClCOOH,
- (3) CHCl₂COOH,
- (4) CH₃CH₂CH₂COOH,
- (5) CCl₃COOH

têm a ordem decrescente de acidez indicada pelos números:

- A) 3, 5, 2, 4, 1
- B) 5, 3, 2, 1, 4
- C) 2, 3, 5, 1, 4
- D) 1, 3, 5, 2, 4
- E) 4, 1, 3, 5, 2

11. (UFSM-RS) Os compostos orgânicos aromáticos com caráter ácido fazem parte do dia-a-dia. São exemplos:



Sabendo-se que a solução aquosa de ácido benzoico (I) apresenta pH = 4, pode-se afirmar que, nas mesmas condições, a(s) solução(ões):

- A) II tem pH < 4.
- B) II tem pH = 4.
- C) III tem pH < 4.
- D) III tem pH = 4.
- E) II e III têm pH > 4.

12. (PUC-MG) Considerando os ácidos CH_2ClCOOH , CHCl_2COOH , CCl_3COOH , CH_3COOH , CF_3COOH , o mais fraco e o mais forte são, respectivamente:

- A) CH_2ClCOOH e CH_3COOH .
 B) CH_3COOH e CCl_3COOH .
 C) CCl_3COOH e CHCl_2COOH .
 D) CH_3COOH e CF_3COOH .
 E) CCl_3COOH e CF_3COOH .

13. (UNIRIO) O vinagre é uma mistura de vários ingredientes, sendo o ácido etanoico o principal componente. A única substância que tem um caráter ácido maior do que o ácido etanoico é:

- A) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$
 B) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2\text{OH}$
 C) $\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{Cl} \end{array}$
 D) $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{NH}_2 \end{array}$
 E) $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}_2\text{C}-\text{C} \\ | \quad \backslash \\ \text{Cl} \quad \text{OH} \end{array}$

14. (PUC-MG) Qual das substâncias abaixo apresenta maior caráter básico?

- A) Etanol
 B) Etanoato de etila
 C) Hidroxibenzeno
 D) Metilamina
 E) Butano

15. (UFPE) O pH é uma propriedade físico-química de soluções muito importante para a manutenção dos ecossistemas (lagos, rios) bem como da vida (pH sanguíneo). Qual a alternativa que apresenta substâncias que, quando dissolvidas em água, fornecerão soluções com pH ácido e básico, respectivamente?

- A) CH_3NH_2 e CH_3COOH
- B) NaNO_3 e HCl
- C) H_2SO_4 e CH_3NH_2
- D) KOH e HNO_3
- E) CH_3COOH e NaClO_4

16. (UFRGS) Um frasco contém uma solução orgânica constituída de uma mistura de dietilamina, pentanol, ácido benzoico e hexano. Essa mistura foi tratada primeiramente com solução aquosa de ácido clorídrico, separando-se a fração aquosa no frasco 1. A seguir a mistura remanescente foi tratada com solução aquosa de hidróxido de sódio, separando-se essa fração aquosa no frasco 2. As substâncias separadas nos frascos 1 e 2 são, respectivamente,

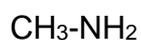
- A) dietilamina e ácido benzoico.
- B) pentanol e ácido benzoico.
- C) hexano e pentanol.
- D) pentanol e ácido benzoico.
- E) dietilamina e pentanol.

17. (EFOA-MG) Com relação aos compostos representados abaixo, é INCORRETO afirmar que:

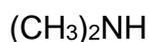
$\text{N}(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3$	$\text{H}_3\text{CCO}_2\text{H}$	$\text{ClCH}_2\text{CO}_2\text{H}$
I	II	III

- A) o composto III é um ácido mais fraco do que II.
 B) o composto I é uma base em função do par de elétrons não ligantes, no átomo de nitrogênio.
 C) a reação entre II e hidróxido de sódio forma um sal de ácido carboxílico.
 D) a dissolução de II em água resultará em uma solução com pH menor do que o da água pura.
 E) de acordo com as regras da IUPAC, o nome do composto III é ácido cloroacético.

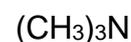
18. (UFPI) Os compostos abaixo, derivados da amônia, são encontrados como produtos de decomposição de peixes.



I



II



III

Com relação a esses compostos, é correto afirmar que:

- A) I é uma amida primária.
 B) I, II e III têm caráter ácido.
 C) III é o menos solúvel em água.
 D) I, II e III são capazes de formar ligações de H.
 E) I, II e III não reagem com HCl.

19. (PUC-RJ adaptada) Considere as seguintes afirmações a respeito da acidez e da basicidade dos compostos orgânicos citados.

- I. Metilamina (CH_3NH_2) possui caráter básico, pois o par de elétrons não ligantes do átomo de nitrogênio pode receber próton dando origem a uma ligação.
 II. Metilamina (CH_3NH_2) possui caráter básico, pois um dos átomos de hidrogênio ligados ao átomo de nitrogênio pode ser doado facilmente.
 III. Fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) possui um caráter ácido fraco, mas ainda assim ele pode doar íon H^+ quando reage, por exemplo, com uma base forte.

É correto **APENAS** o que se afirma em

- A) I
- B) II
- C) I e II
- D) I e III
- E) II e III

20. (UERJ) Uma indústria química tem como despejo industrial as substâncias abaixo numeradas:

I – $\text{CH}_3\text{-COOH}$

II – $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$

III – $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-NH}_2$

IV – $\text{CH}_3\text{-CONH}_2$

Para processar um tratamento adequado a esse despejo, a fim de evitar agressão ao meio ambiente, foram necessários vários tipos de tratamento. A primeira substância tratada foi a de caráter básico mais acentuado, que corresponde ao número:

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV

UNIDADE 8

REAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Introdução

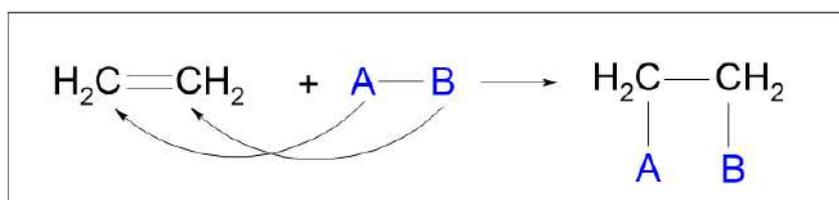
No volume 1 desta obra, foram estudados os principais tipos de reações químicas: adição, decomposição, simples troca ou deslocamento e dupla troca. Essas reações foram apresentadas utilizando substâncias inorgânicas como exemplos.

Nesse capítulo, iremos estudar as reações das substâncias orgânicas. Essas reações serão abordadas do ponto de vista dos grupamentos funcionais orgânicos, mas elas também podem ocorrer com a participação de substâncias inorgânicas.

Reações de adição

Nas reações de adição, dois ou mais reagentes formam um único produto. As reações de adição são características de substâncias orgânicas que possuem ligações insaturadas, mas também podem ocorrer reações de adição em certas substâncias cíclicas saturadas.

Considere, como exemplo, a representação de uma reação de adição:



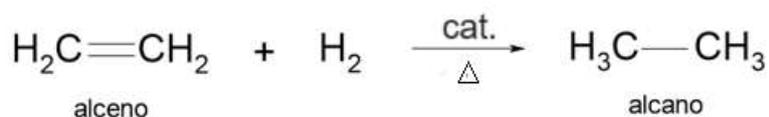
Na generalização acima, A e B podem ser átomos de elementos químicos iguais ou diferentes. A ligação dupla é composta por uma ligação sigma (σ) e uma ligação pi (π). Como a ligação π é mais fraca que a ligação σ , ela pode ser rompida com mais facilidade, permitindo a adição de átomos ou grupo de átomos aos carbonos que possuem a dupla ligação.

A seguir, serão apresentadas as principais reações de adição.

Hidrogenação catalítica

Trata-se da reação de uma substância orgânica insaturada com o gás hidrogênio (H₂) sob a ação de catalisador (representado por “cat.” sobre a seta da equação química), que pode ser níquel (Ni), paládio (Pd) ou platina (Pt).

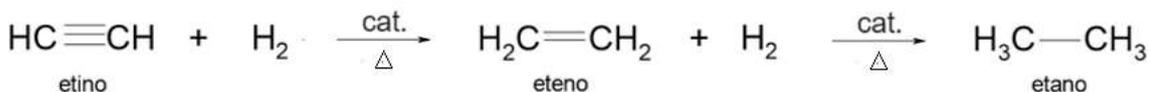
Exemplo:



A reação de adição de hidrogênio a alcenos é empregada na produção de margarinas a partir de óleos vegetais.

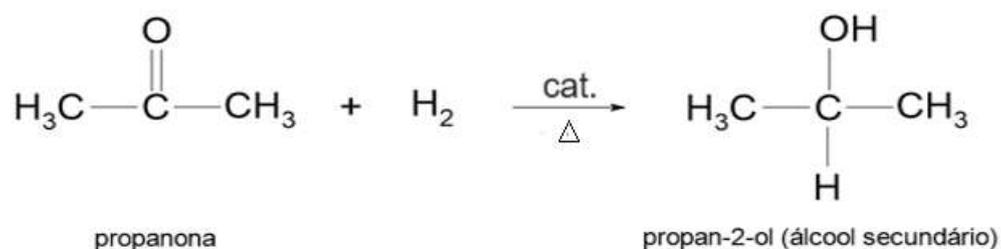
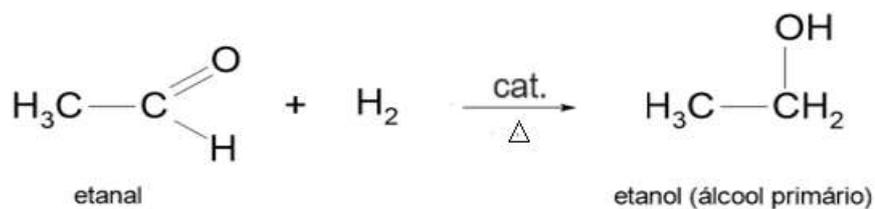
A hidrogenação de um alcino ocorre em duas etapas: primeiro se forma um alceno e, em seguida, um alceno.

Exemplo:



Os aldeídos e as cetonas são substâncias muito reativas devido ao grupo funcional carbonila. Em suas hidrogenações, pode ser obtido álcool primário, quando a substância orgânica reagente é um aldeído, e álcool secundário quando a substância orgânica reagente é uma cetona. Neste caso, quando a ligação π é rompida, um átomo de hidrogênio se liga ao oxigênio, formando uma hidroxila (-OH), e o outro átomo de hidrogênio se liga ao carbono que possui a hidroxila.

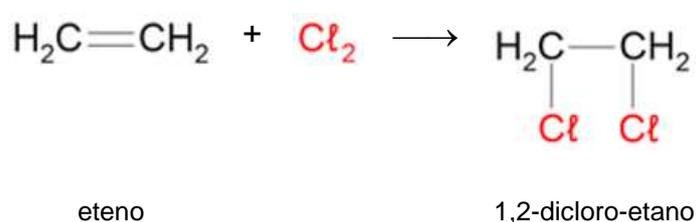
Exemplos:



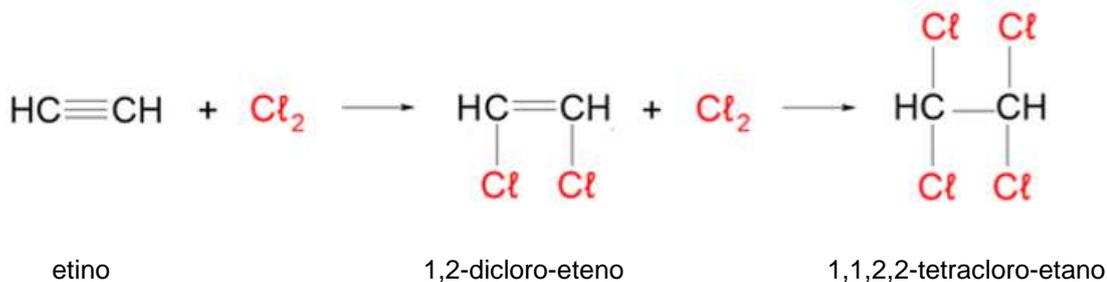
Halogenação

Na halogenação de um alceno, os átomos de halogênio presentes numa substância simples ligam-se aos átomos de carbono que participam da insaturação. Neste processo, a ligação π é rompida e ocorre a adição dos átomos de halogênio aos carbonos, produzindo um di-haleto vicinal. A reação ocorre rapidamente, não sendo necessários catalisador e aquecimento.

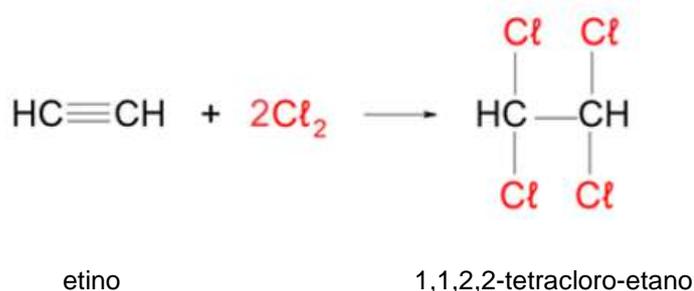
Exemplo:



A reação de um alcino ocorre em etapas, caso haja halogênio em quantidade suficiente.



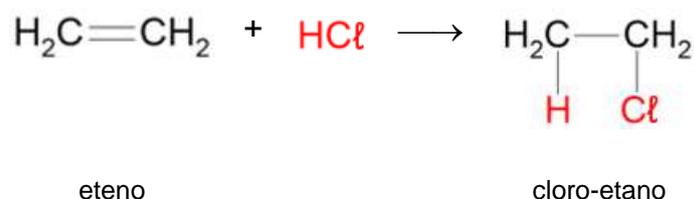
ou simplificadamente:



Adição de haleto hidrogenado

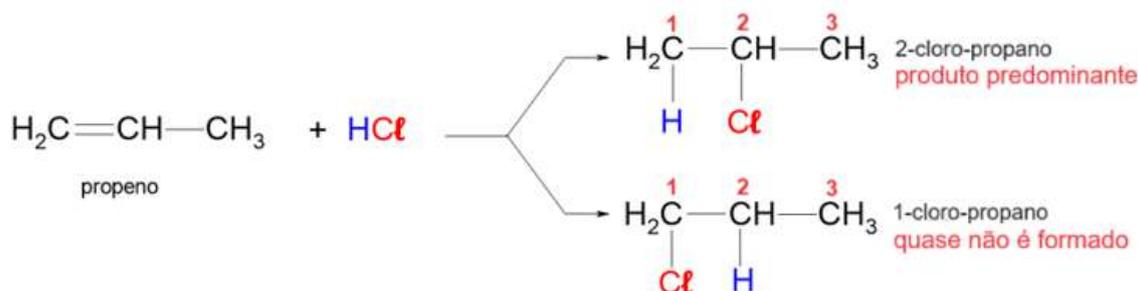
Neste tipo de reação, os átomos presentes em haletos hidrogenados (HCl, HBr, HI) ligam-se aos átomos de carbono insaturados após o rompimento da insaturação. A ligação π é rompida e ocorre a adição dos átomos de hidrogênio e de halogênio aos carbonos, produzindo um haleto.

Exemplo:



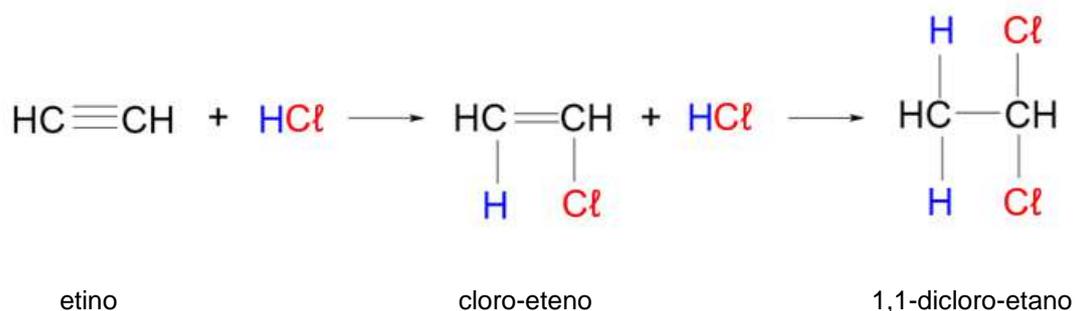
Em alcenos com mais de 2 átomos de carbono, observa-se, que nas reações de adição de haletos hidrogenados, o hidrogênio se liga preferencialmente ao carbono mais hidrogenado. Esta é a **Regra de Markovnikov**, formulada pelo químico russo Vladimir Vasilevich Markovnikov (1838-1904) em 1869.

Exemplo:

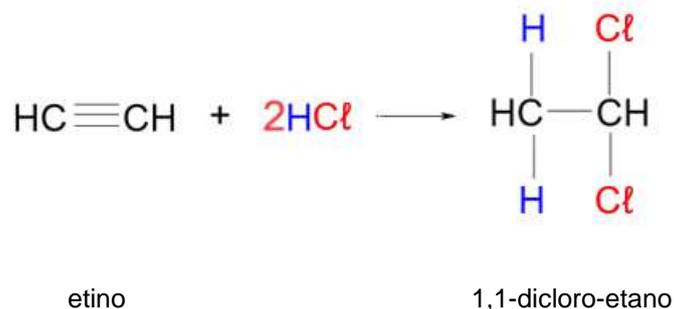


No caso de adição de haleto halogenado a um alcino, a reação ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, ocorre o rompimento de uma ligação π , provocando a ligação de um átomo de hidrogênio e outro de halogênio nos carbonos que ficaram com falta de ligação. Se houver quantidade suficiente de haleto hidrogenado, a outra ligação π se rompe para a adição de mais um átomo de hidrogênio e outro de halogênio.

Exemplo:



ou simplificadamente:

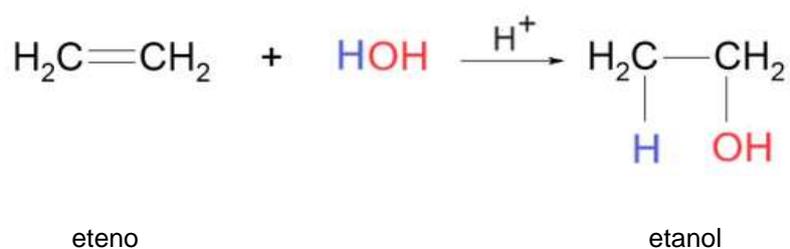


Observe que, na segunda adição de HCl, o hidrogênio ligou-se ao carbono mais hidrogenado, conforme a regra de Markovnikov.

Adição de água

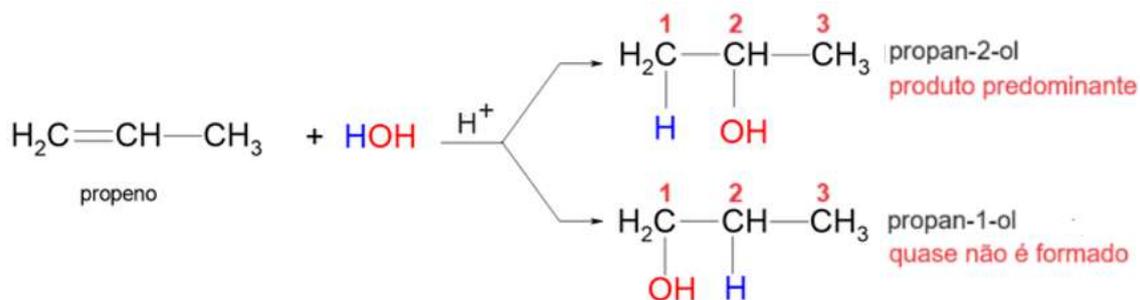
A adição de água a um alceno sob catálise ácida conduz à formação de um álcool.

Exemplo:



Em alcenos com mais de 2 carbonos, a adição de água segue a Regra de Markovnikov, ou seja, o hidrogênio se liga ao átomo de carbono mais hidrogenado e a hidroxila se liga ao carbono menos hidrogenado.

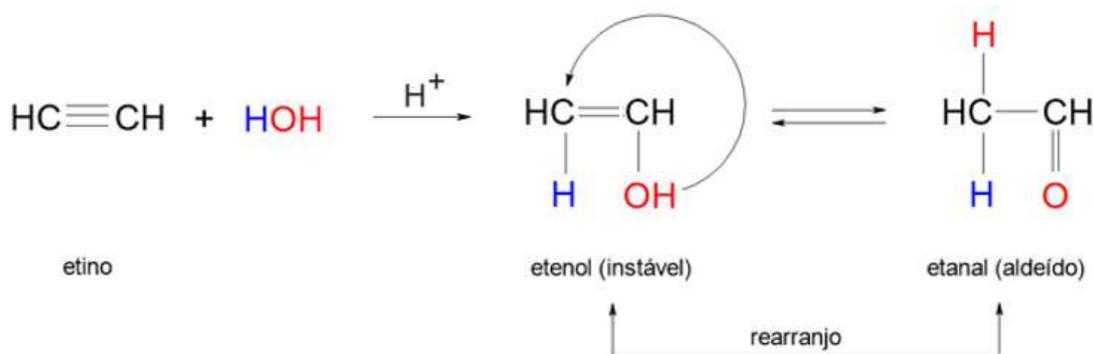
Exemplo:



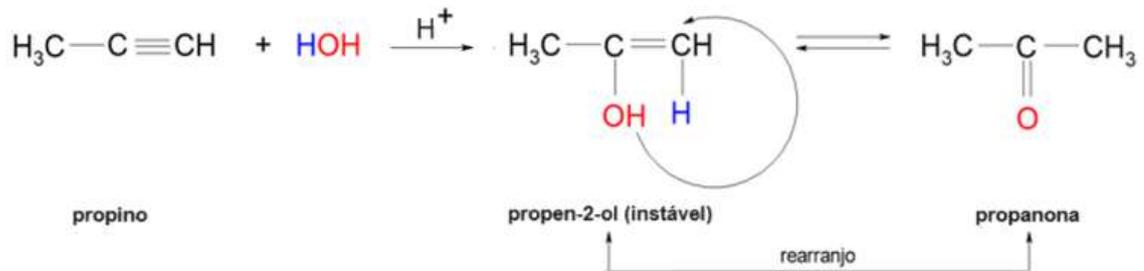
Na adição de água a um alcino, forma-se, inicialmente, uma substância intermediária classificada como enol. Os enóis são substâncias instáveis que sofrem rearranjo formando aldeídos ou cetonas, de acordo com a posição do átomo de carbono da insaturação ligado ao grupo OH. Parte das moléculas de aldeído ou cetona formam o enol novamente, gerando um equilíbrio dinâmico entre as moléculas de enol e de aldeído (equilíbrio aldo-enólico) ou entre as moléculas de enol e de cetona (equilíbrio ceto-enólico) presentes. No equilíbrio, há maior quantidade do aldeído ou da cetona.

Exemplos:

- **Hidratação do etino:** produção de aldeído



- **Hidratação do propino:** produção de cetona (ocorre segundo a Regra de Markovnikov).



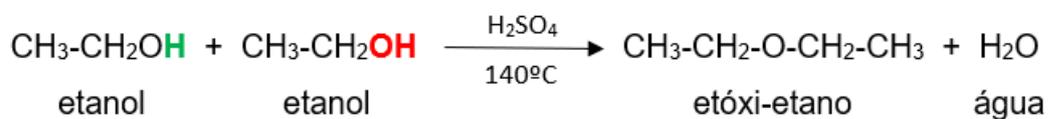
Reações de desidratação de álcool

O produto formado na desidratação em álcool depende da temperatura.

Desidratação Intermolecular

Este tipo de reação é catalisado por ácido inorgânico **em temperaturas mais baixas**, em que duas moléculas de álcool iguais ou diferentes eliminam água e produzem um éter.

Exemplo:



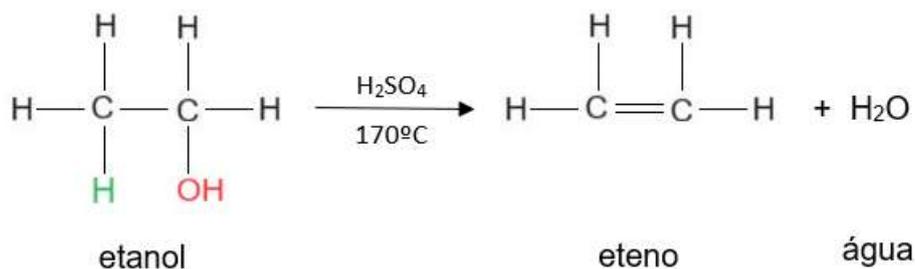
Observa-se que na formação do éter, ocorre a eliminação de um átomo de hidrogênio (**H**) de uma molécula de álcool e do grupo funcional hidroxila (**OH**) de outra molécula de álcool. O átomo de hidrogênio e a hidroxila se unem para formar uma molécula de água (H_2O).

Como a eliminação de água envolve duas moléculas, ela é denominada **desidratação intermolecular** (entre moléculas).

Desidratação intramolecular

Essa reação ocorre com uma mesma molécula de álcool e é catalisada por ácido inorgânico **em temperaturas mais elevadas** produzindo um alceno e água.

Exemplo:

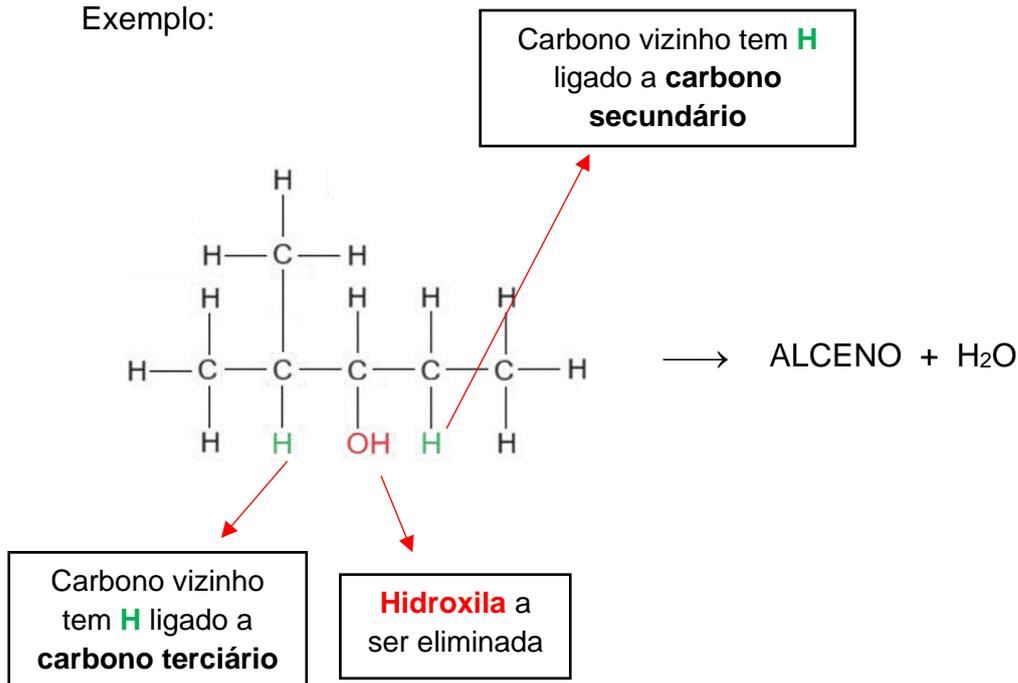


Observe que a eliminação do grupo funcional hidroxila (**OH**) e do átomo de hidrogênio (**H**) ocorre na mesma molécula orgânica reagente, formando água (H₂O). Como a eliminação de água ocorre dentro de uma molécula, ela é denominada **desidratação intramolecular** (dentro da molécula).

O químico russo Alexander Mikhaylovich Saytzeff (1841-1910) verificou, em 1875, que nas reações de eliminação intramolecular de álcool, o átomo de hidrogênio do carbono vizinho à hidroxila a ser eliminado segue a seguinte prioridade: C terciário > C secundário > C primário. Esta é a Regra de Saytzeff.

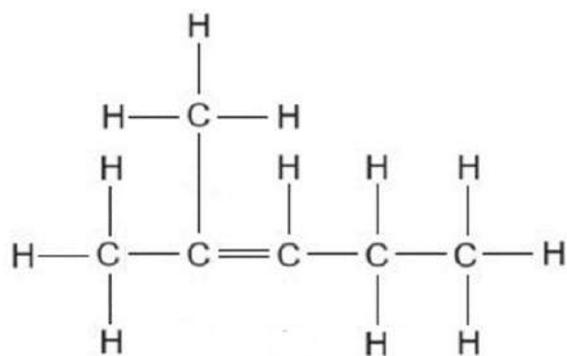
Apesar da produção de outros alcenos, um deles é predominante (produto principal), de acordo com tal regra.

Exemplo:



A produção de água (H₂O) ocorre com a eliminação de uma hidroxila (**OH**) e um átomo de hidrogênio (**H**) de um carbono vizinho. Nesse caso, há duas possibilidades. Pode sair o átomo de hidrogênio ligado ao carbono terciário ou o átomo de hidrogênio ligado ao carbono secundário.

Segundo a Regra de Saytzeff, a prioridade é a saída do hidrogênio do carbono terciário e, conseqüentemente, ocorre a formação do 2-metil-pent-2-eno como produto orgânico principal.



2-metil-pent-2-eno
produto principal

ATENÇÃO!

A desidratação de álcoois é uma reação classificada como **reação de eliminação**. A eliminação é uma reação que pode ser considerada o inverso da reação de adição. Nas reações de eliminação, átomos ou grupos de átomos são eliminados da molécula orgânica. As principais reações de eliminação têm como reagente um álcool e envolvem a formação de água como subproduto, daí ser frequente o uso do termo **desidratação**.

Reações de substituição

Numa reação de substituição, um átomo ou grupo de átomos de uma molécula orgânica é substituído por outro átomo ou grupo de átomos. De modo geral, a reação ocorre conforme o seguinte esquema:



Nesta representação, R é um grupo orgânico e X é o grupo que será substituído por Y.

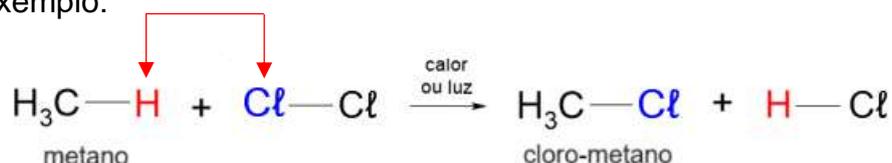
Substituição em alcanos

Neste tipo de reação, ocorre a substituição de um ou mais átomos de hidrogênio de um alcano por átomos de outros elementos químicos ou por grupos orgânicos.

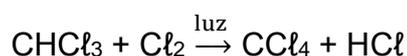
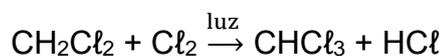
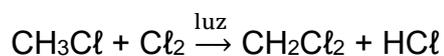
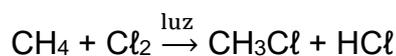
Halogenação

Um alcano é pouco reativo, porém quando ele está sob ação de luz com frequência específica ou calor e entra em contato com uma substância simples de halogênio, ocorre uma reação de substituição em que um átomo de halogênio troca de lugar com um átomo de hidrogênio do alcano.

Exemplo:



Quando o metano reage com excesso de Cl_2 , podem ocorrer outras substituições:



Na formação do produto principal, a preferência de substituição do hidrogênio é a seguinte:

H ligado a C terciário > H ligado a C secundário > H ligado a C primário

A ordem decrescente de reatividade das substâncias simples de halogênios é:

$\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$

A reação com o flúor pode ser explosiva, enquanto a reação com o I_2 é bastante lenta.

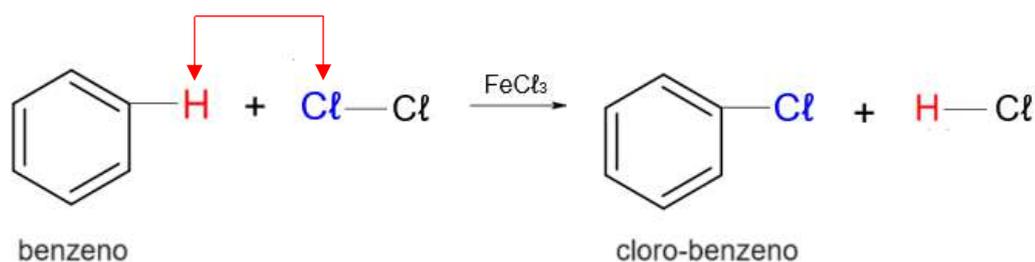
Substituição no benzeno

As reações de substituição no benzeno ocorrem quando um ou mais átomos de hidrogênio do anel são substituídos por outros átomos ou grupos de átomos, mantendo as duplas ligações do anel aromático.

Halogenação

Na reação do benzeno com uma substância simples halogenada em presença de catalisador, há a substituição de um dos hidrogênios do benzeno por um átomo de halogênio.

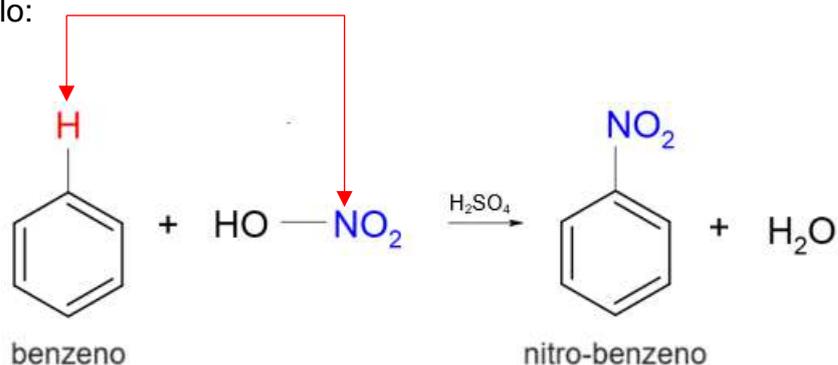
Exemplo:



Nitração

Consiste na reação do benzeno com ácido nítrico (HNO₃) catalisada pelo ácido sulfúrico (H₂SO₄). Representando o ácido nítrico por HO-NO₂, o grupo -NO₂ deste ácido troca de lugar com um átomo de hidrogênio do benzeno.

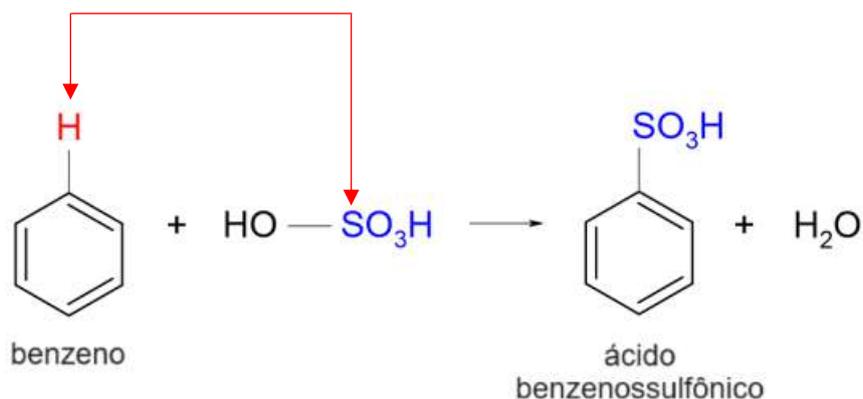
Exemplo:



Sulfonação

Consiste na reação do benzeno com ácido sulfúrico (H_2SO_4) fumegante. Representando o ácido sulfúrico por $\text{HO}-\text{SO}_3\text{H}$, o grupo $-\text{SO}_3\text{H}$ deste ácido troca de lugar com um átomo de hidrogênio do benzeno.

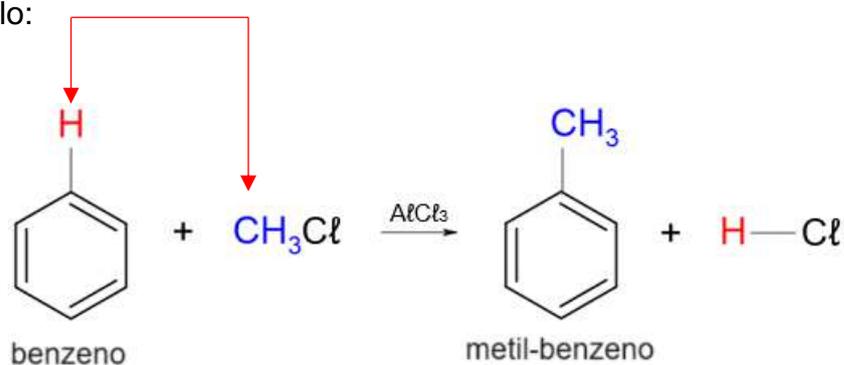
Exemplo:



Alquilação de Friedel-Crafts

Neste tipo de reação, um dos hidrogênios do benzeno é substituído por um grupo orgânico proveniente de um haleto orgânico em presença de catalisador.

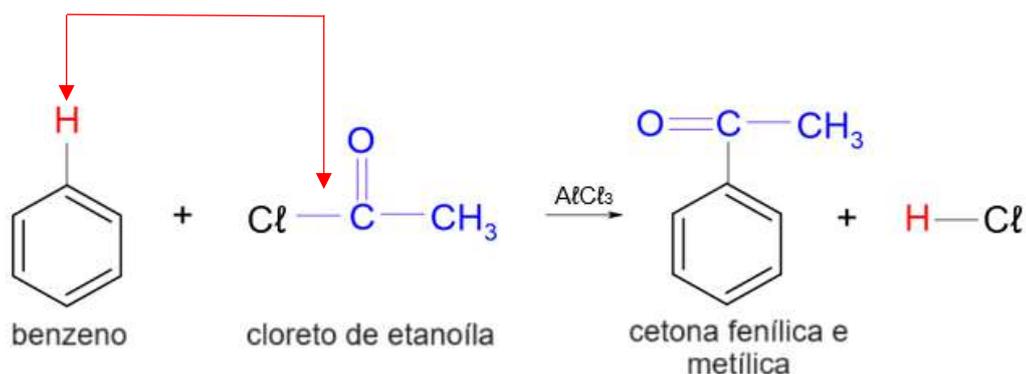
Exemplo:



Acilação de Friedel-Crafts

Consiste na reação do benzeno com um haleto de ácido sob a ação de catalisador, levando à formação de cetona aromática e um ácido inorgânico.

Exemplo:



Substituição em derivados do benzeno

Tais reações podem ser influenciadas pelo tipo de grupo funcional presente na estrutura benzênica. Alguns grupos favorecem as reações de substituição nas posições 3 e 5 enquanto outros grupos favorecem as substituições nas posições 2, 4 e 6 do anel benzênico.

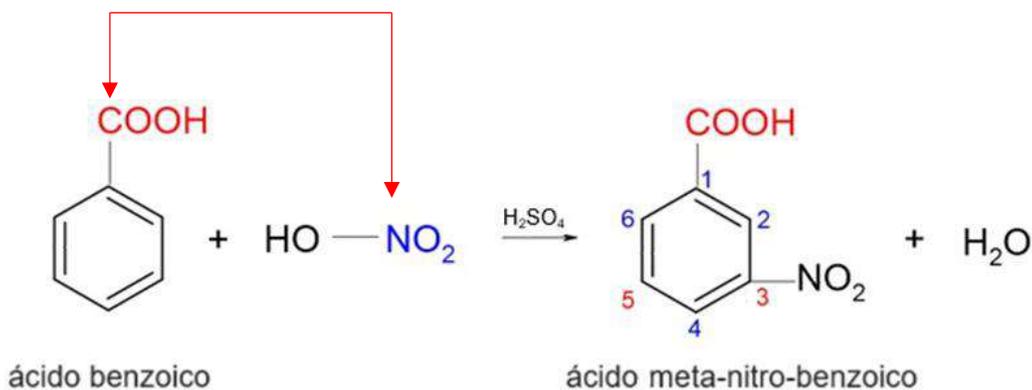
Vejamos a seguir os principais grupos e suas influências nas reações de substituição:

Derivado do benzeno com um grupo meta-dirigente

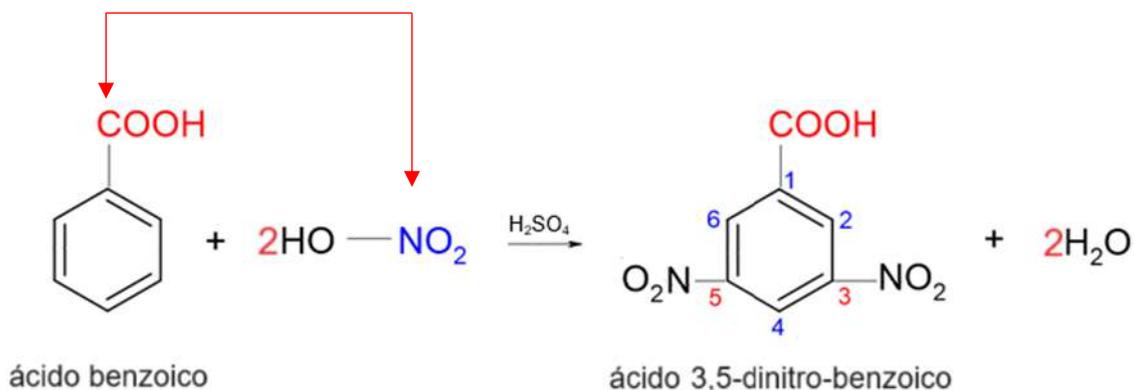
Os grupos $-NO_2$, $-CN$, $-COH$, $-COOH$ e $-SO_3H$ são **meta-dirigentes**, pois eles orientam a entrada de um segundo grupo substituinte nas posições **3** e **5** do anel benzênico. Tais grupos têm como característica apresentarem pelo menos uma ligação dupla, tripla ou dativa em sua estrutura.

Exemplos:

A reação de uma molécula de ácido benzoico com uma molécula de ácido nítrico produz o ácido meta-nitro-benzoico, pois o grupo carboxila (-COOH) presente no ácido benzoico é um orientador meta.



Se a reação ocorrer na proporção de uma molécula de ácido benzoico com duas moléculas de ácido nítrico, forma-se o ácido 3,5-dinitro-benzoico.

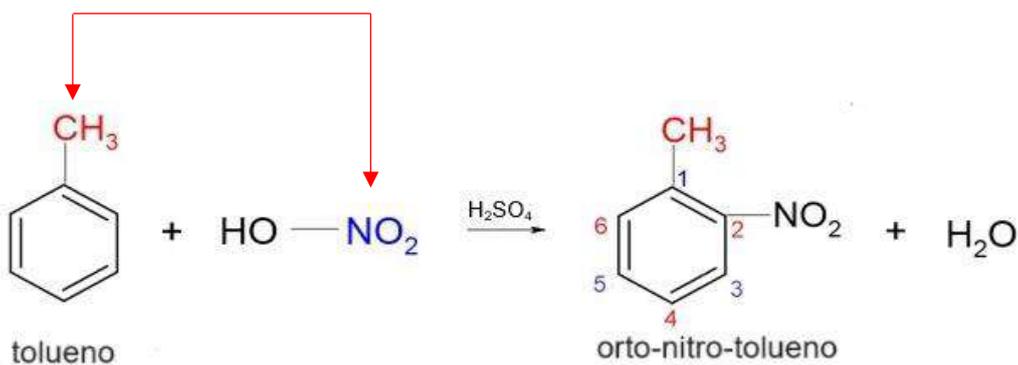


Derivado do benzeno com um grupo orto-para-dirigente

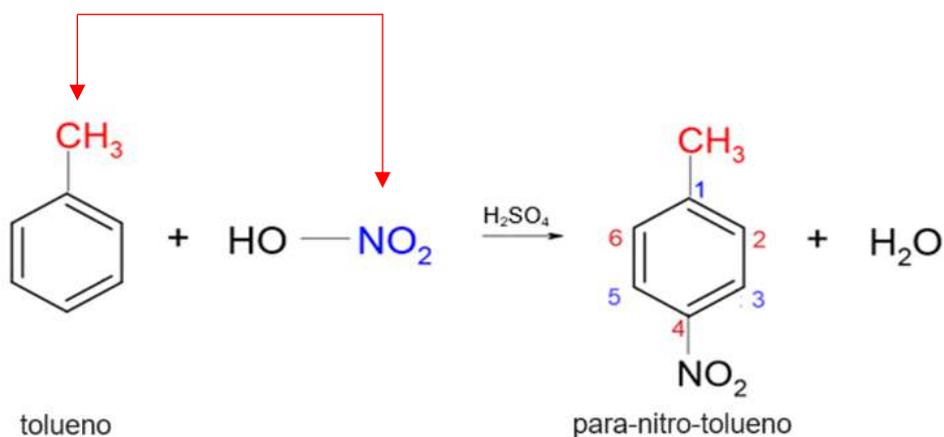
Os grupos -CH₃, -OH, -NH₂, -CH₂CH₃, -Cl, -Br, orientam a entrada de um segundo grupo nas posições 2, 4 e 6 do anel benzênico. Observe que tais grupos não possuem ligação dupla, tripla ou dativa.

Exemplos:

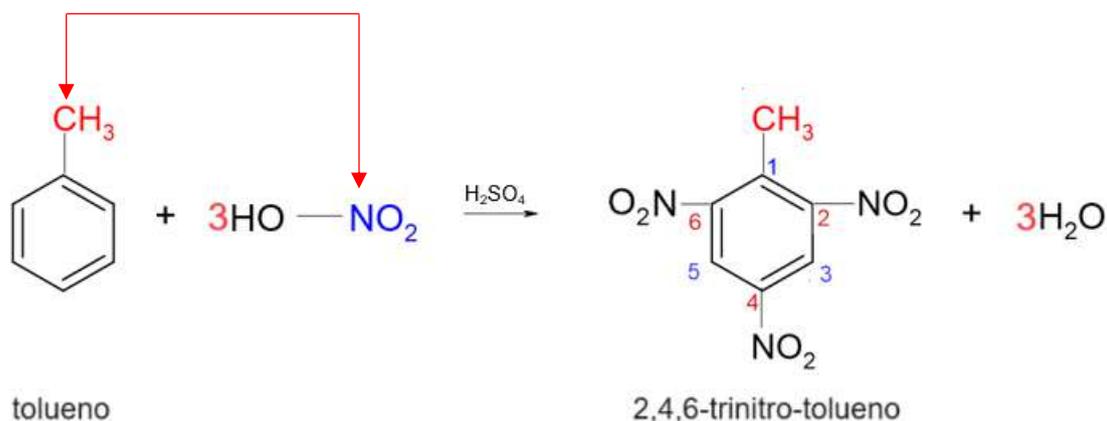
A reação de uma molécula de metil-benzeno (ou tolueno) com uma molécula de ácido nítrico pode produzir o orto-nitro-tolueno ou o para-nitro-tolueno, pois o grupo metil (-CH₃) presente no tolueno é um orientador orto-para.



ou



Na reação de uma molécula de metil-benzeno (ou tolueno) com três moléculas de ácido nítrico ocorre a nitração total do tolueno, produzindo o 2,4,6-trinitro-tolueno.

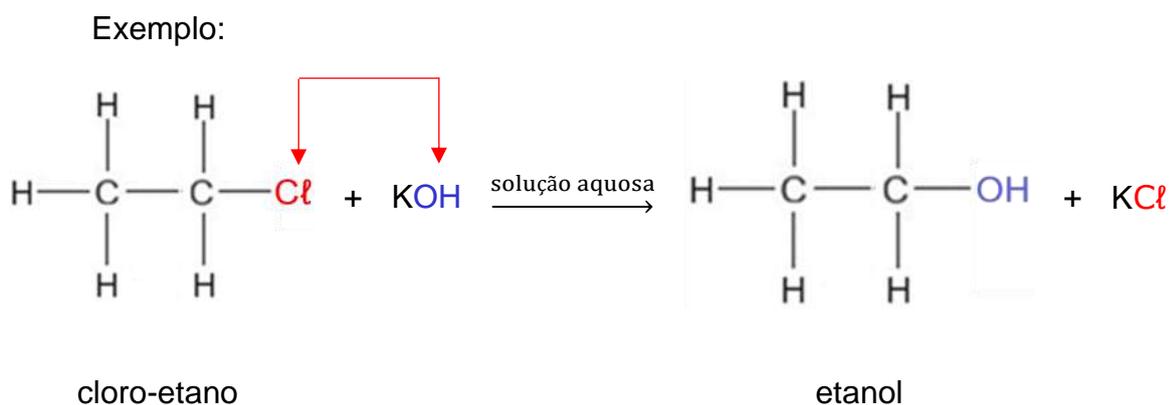


Substituição em haletos orgânicos

Os haletos orgânicos possuem elevada reatividade e os produtos obtidos a partir de suas reações de substituição são destinados à fabricação de medicamentos, cosméticos, corantes etc.

Reação de haleto orgânico com KOH em meio aquoso

Consiste na reação de um haleto orgânico com hidróxido de potássio (KOH) em solução aquosa. Essa reação produz um álcool e um sal inorgânico.



Reações de oxidação

A reação de oxidação de substância orgânica é responsável, por exemplo, pelo escurecimento das frutas que, após serem cortadas ou amassadas, em contato com o ar, começam a escurecer. Esse processo também é responsável pela transformação do vinho, que quando aberto e não consumido em um tempo curto, tende a se transformar em vinagre.

Numa reação deste tipo, um átomo de carbono de uma molécula orgânica sofre oxidação, ou seja, seu número de oxidação (Nox) sofre um aumento de valor. Esse tipo de reação costuma ocorrer com o aumento do número de átomos de oxigênio no produto em relação ao reagente e comumente o reagente empregado é representado por [O].

Oxidação enérgica de álcoois

Para ocorrer oxidação enérgica de um álcool é necessário que o meio reacional seja aquecido e que se use como agente oxidante permanganato de potássio (KMnO_4) ou dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) concentrados e em meio ácido. Para representar a oxidação enérgica, usaremos [O] sobre a seta da equação química.

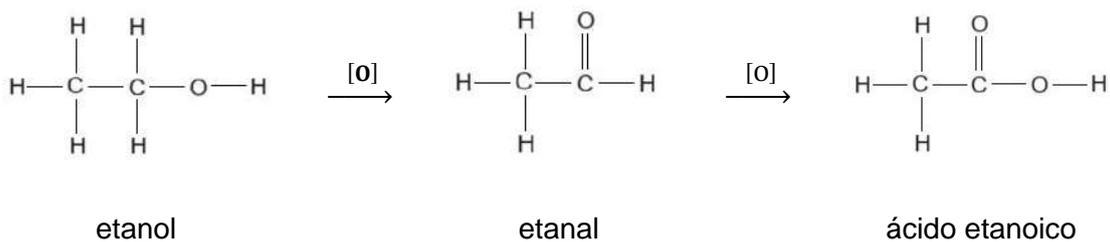
O carbono que sofre oxidação é aquele ligado à hidroxila.

A seguir, serão apresentadas as reações de oxidação enérgica de álcool de forma simplificada, ou seja, somente aparecerão as substâncias mais importantes envolvidas em cada processo.

Oxidação enérgica de álcool primário

A oxidação de um álcool primário produz inicialmente um aldeído (oxidação parcial) que depois é oxidado a ácido carboxílico (oxidação total).

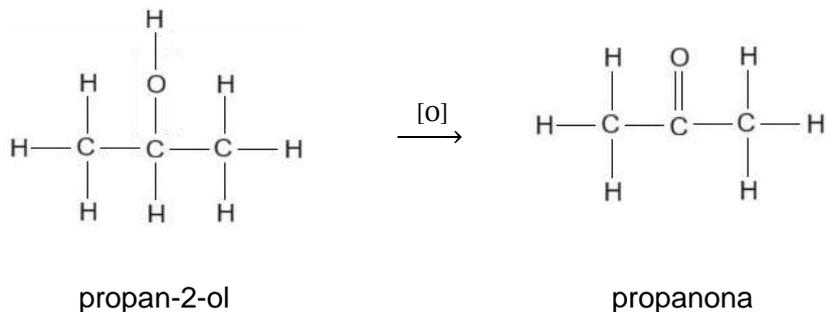
Exemplo:



Oxidação enérgica de álcool secundário

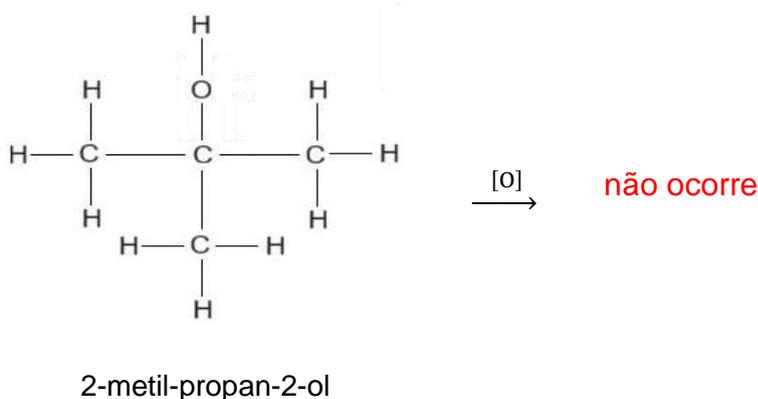
A oxidação de um álcool secundário produz uma cetona.

Exemplo:



Oxidação enérgica de álcool terciário

Neste caso, não ocorre reação.



Oxidação enérgica de alcenos

A oxidação enérgica de um alceno também ocorre com o uso de um agente oxidante, que pode ser o permanganato de potássio (KMnO_4) ou dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) concentrados, à quente e em meio ácido.

Nessa reação, ocorre o rompimento da ligação dupla produzindo duas partes. Os átomos de carbono que sofrem oxidação são os que estão unidos pela ligação dupla.

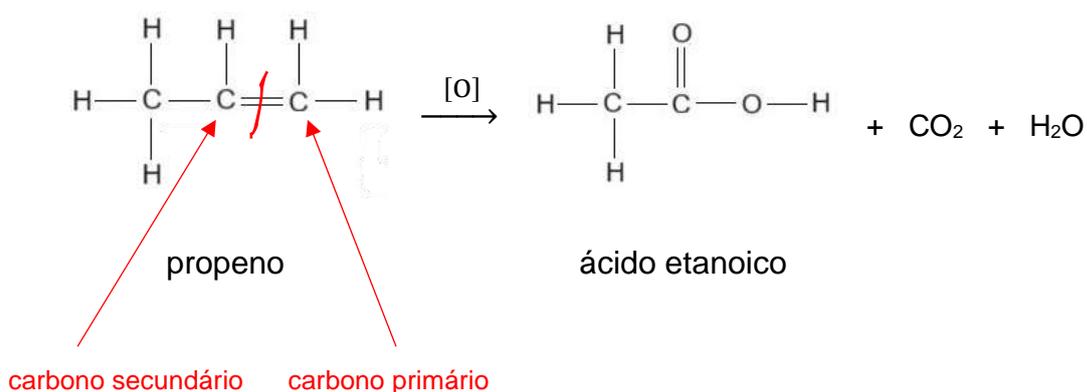
Se o carbono a ser oxidado de uma determinada parte for:

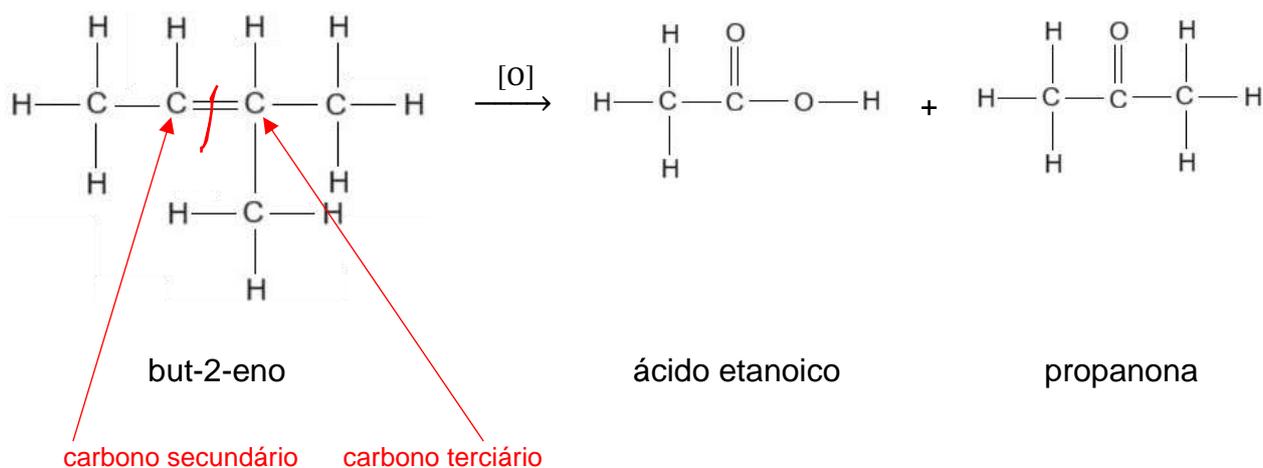
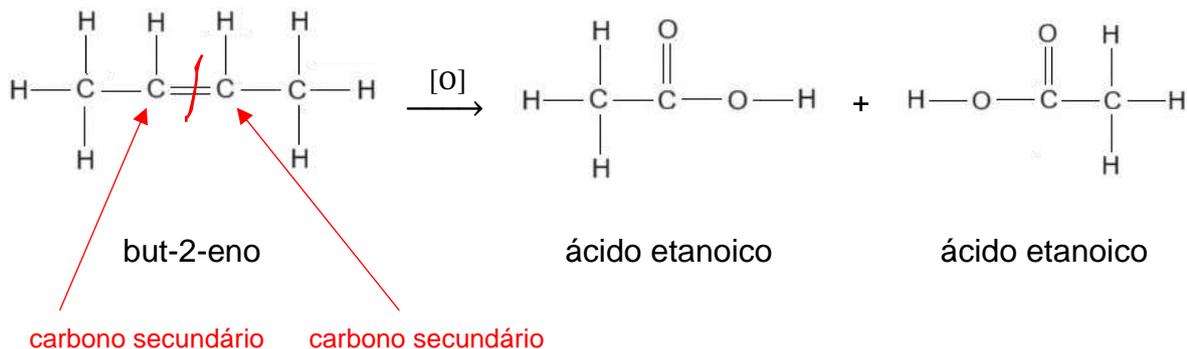
- **primário**: é produzido o ácido carbônico (H_2CO_3) que se decompõe em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O).

- **secundário**: é produzido um ácido carboxílico.

- **terciário**: é produzida uma cetona.

Exemplos:





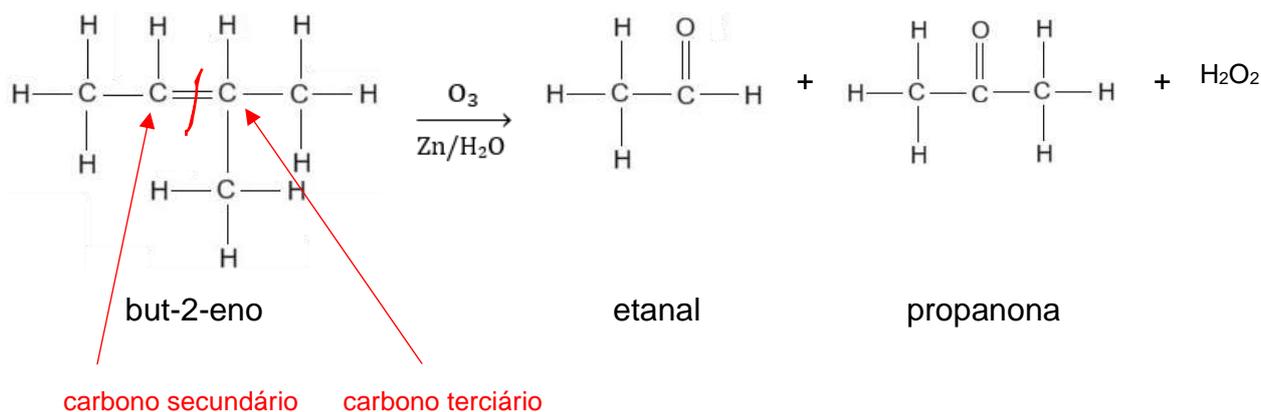
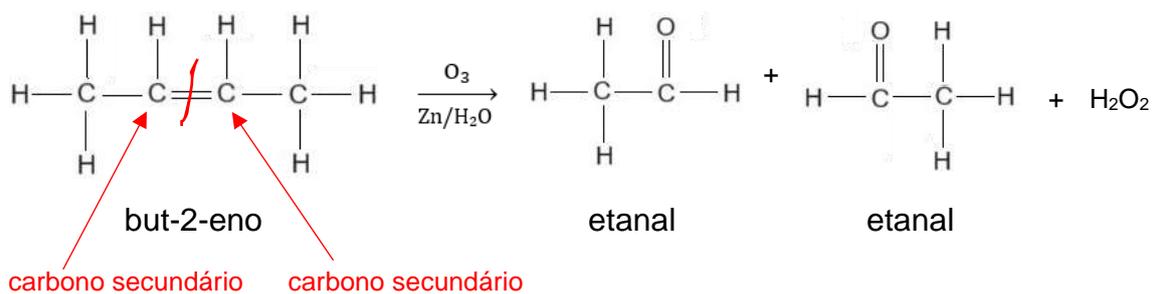
Ozonólise de alcenos

Este processo consiste em reagir um alceno com o gás ozônio (O₃) em presença de água (H₂O) e pó de zinco (Zn). A dupla ligação é rompida produzindo duas partes. Os átomos de carbono que sofrem oxidação são os carbonos que estão unidos pela ligação dupla.

Se o carbono a ser oxidado de uma determinada parte for:

- **primário ou secundário**: é produzido um aldeído.
- **terciário**: é produzida uma cetona.

A reação também produz peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o pó de zinco é utilizado para impedir que o aldeído seja oxidado a ácido carboxílico.



Combustão completa

Uma reação de combustão ou queima de uma substância orgânica consiste na reação desta substância com o gás oxigênio (O₂). Quando a quantidade de gás oxigênio não é suficiente, a combustão é **incompleta** ou **parcial**, produzindo monóxido de carbono (CO) ou carbono (C) que está na fuligem. Se houver gás oxigênio em excesso, a combustão é **completa** ou **total**.

A reação de combustão completa ou queima total de um hidrocarboneto ou de uma substância orgânica contendo carbono, hidrogênio e oxigênio produz gás carbônico (CO₂) e água (H₂O). Lembrando que o gás carbônico também é denominado dióxido de carbono.

Este tipo de reação ocorre, por exemplo, na queima de combustíveis fósseis. A substância que queima é denominada **combustível** e a substância que possibilita a combustão, no caso o gás oxigênio, é denominada **comburente**.

O gás carbônico é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa do planeta Terra. Portanto, quanto mais gás carbônico um combustível libera para a atmosfera em sua combustão, maior é a sua contribuição para o aumento do efeito estufa, o que tende a provocar elevação na temperatura do planeta.

O metano (CH₄) é o gás encanado usado em residências. Ele também está na composição do gás natural veicular (GNV) e também é produzido em aterros sanitários. A combustão completa de cada molécula de metano produz 1 molécula de gás carbônico. Observe a equação química a seguir:



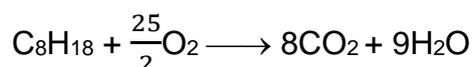
O etanol (C₂H₅OH) é o álcool utilizado como combustível de automóvel e está presente em bebidas alcoólicas. A sua combustão completa, libera mais moléculas de gás carbônico para cada molécula de etanol queimada que a combustão de uma molécula de metano, conforme a equação química:



Ao ser queimada, cada molécula de glicose (C₆H₁₂O₆) é transformada em 6 moléculas de gás carbônico, conforme a equação química seguir:



O principal componente da gasolina é o iso-octano (C₈H₁₈), e a sua combustão completa produz 8 moléculas de gás carbônico para cada molécula de reagente orgânico utilizado.



Comparando os combustíveis metano, etanol, glicose e iso-octano, pode-se verificar que o iso-octano libera mais gás carbônico por molécula queimada da substância.

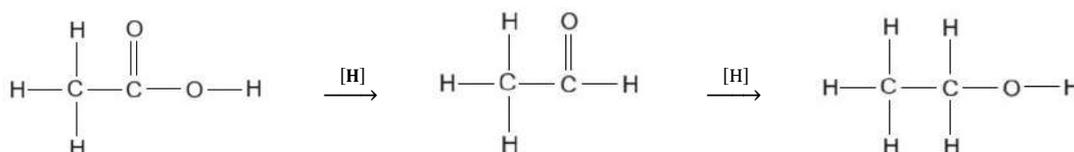
ATENÇÃO!

Outro tipo de reação química que envolve a variação do número de oxidação é a **reação de redução**. Neste tipo de reação de substância orgânica, o número de oxidação (Nox) de um átomo de carbono de uma molécula orgânica diminui de valor. Esse tipo de reação costuma se realizar com o aumento do número de átomos de hidrogênio no produto em relação ao reagente, então o reagente empregado é comumente representado por [H].

Os principais tipos de reações de redução em substâncias orgânicas ocorrem em ácidos carboxílicos e cetonas.

A redução de **um ácido carboxílico** produz inicialmente um aldeído (redução parcial) que depois é reduzido a álcool primário (redução total).

Exemplo:



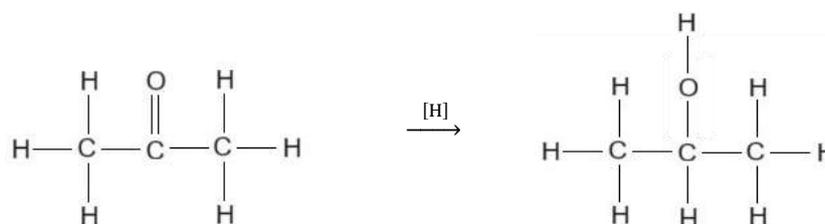
ácido etanoico

etanal

etanol

A redução de uma cetona produz um álcool secundário.

Exemplo:



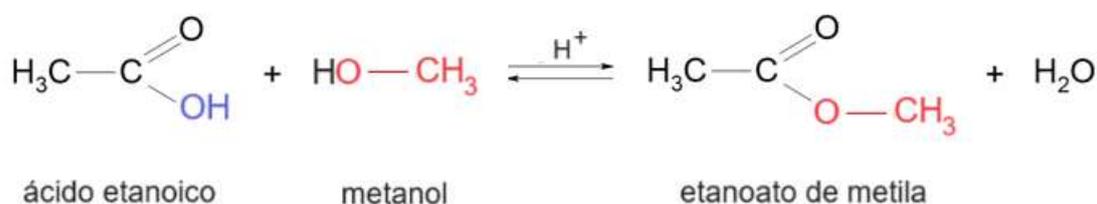
propanona

propan-2-ol

Reação de esterificação

O principal meio de obtenção de ésteres é a partir da reação entre um ácido carboxílico um álcool, em presença de um ácido inorgânico, produzindo éster e água. Esta reação é conhecida como **esterificação de Fischer** e é reversível, pois parte do éster e da água reagem entre si formando novamente o ácido carboxílico e o álcool de origem. A reação inversa é a hidrólise do éster.

Exemplo:

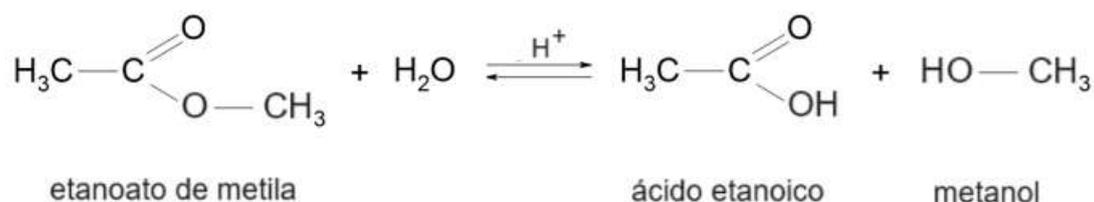


Reação de hidrólise de éster

A hidrólise de um éster pode ser ácida ou básica.

Exemplos:

a) **hidrólise ácida:** é a reação contrária à esterificação, consistindo na reação do éster com água em meio ácido (H^+), produzindo um ácido carboxílico e um álcool.



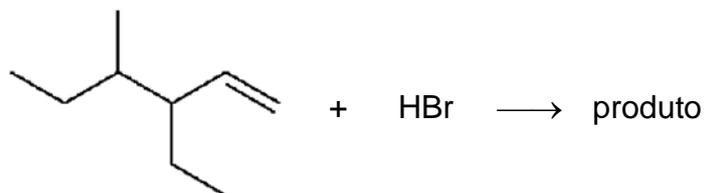
b) **hidrólise básica ou alcalina:** consiste na reação entre um éster e uma substância alcalina. Este tipo de reação é empregado para produção de sabões, sendo também chamada de **reação de saponificação**.



Observe que a reação do éster com uma base inorgânica, produz um sal orgânico e um álcool.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

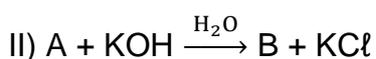
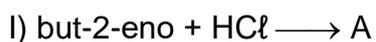
1. (PUC-RJ adaptada) Considere que, na reação representada a seguir, 1 mol do hidrocarboneto reage com 1 mol de ácido bromídrico, sob condições ideais na ausência de peróxido, formando um único produto com 100% de rendimento.



Apresente a fórmula estrutural do produto e nomeie o reagente orgânico e o produto.

2. Apresente a equação química da reação entre o but-2-ino e água.

3. (UERJ) A sequência de reações abaixo é um exemplo de síntese orgânica, na qual os principais produtos formados são indicados por A e B.



Apresente as fórmulas estruturais planas dos produtos A e B.

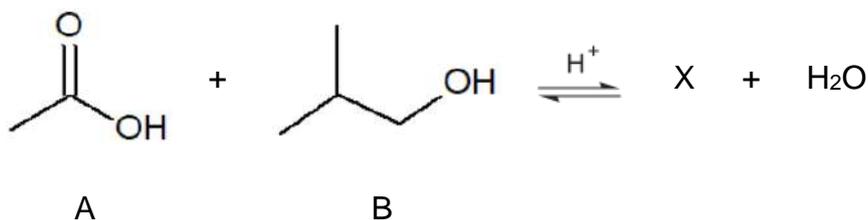
4. (UERJ) Leia no texto abaixo um exemplo de síntese baseada na transformação de grupos funcionais dos compostos orgânicos.

A reação do 2-bromobutano com o hidróxido de potássio aquoso tem como principal produto orgânico o composto X. Quando a substância X é tratada com a mistura oxidante $K_2Cr_2O_7/H_2SO_4$, é produzido o composto orgânico Y.

Escreva a fórmula estrutural plana do composto X e a do composto Y.

5. Apresente a equação química da reação de combustão completa do ácido pentanoico.

6. (PUC-RJ adaptada) A esterificação representada consiste na reação entre um ácido carboxílico em um álcool, catalisada por um ácido inorgânico, produzindo uma substância orgânica e água. O produto orgânico desta reação (X) é um flavorizante que possui aroma característico de morango.



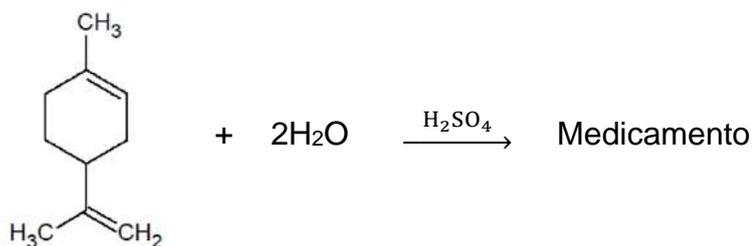
Represente a estrutura química do produto orgânico X utilizando notação em bastão.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

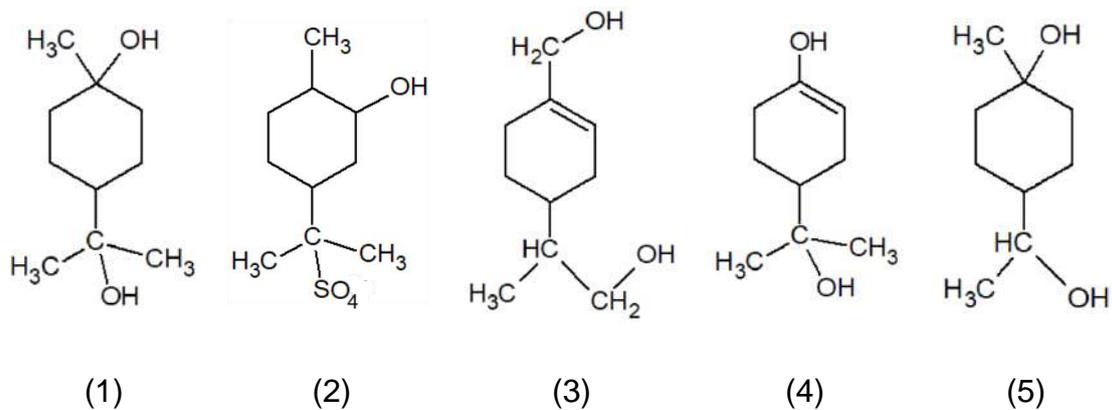
1. (PUC-RJ) Os alcenos e alcinos possuem cadeias insaturadas, o que confere maior reatividade desses hidrocarbonetos em relação aos alcanos. Com relação aos hidrocarbonetos, assinale a opção em que **não** ocorrerá uma reação de adição.

- A) Etino + H₂O
- B) Etano + Br₂
- C) Eteno + Cl₂
- D) Buteno + H₂O
- E) Propino + Br₂

2. (UFPA) Um medicamento expectorante pode ser sintetizado conforme o seguinte esquema reacional:



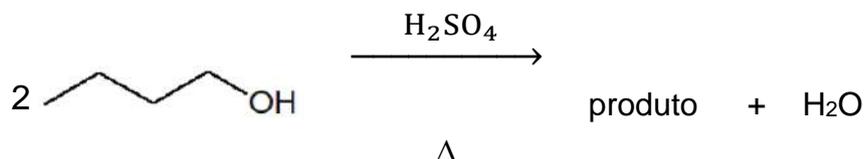
A seguir estão propostas cinco possíveis estruturas para esse medicamento.



A estrutura correta é a

- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

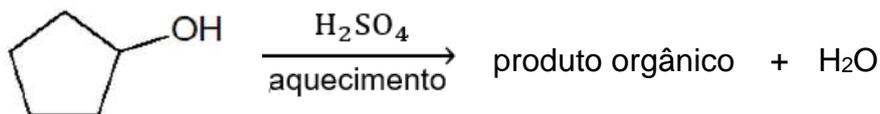
3. (PUC-RJ adaptada) Em uma reação de desidratação intermolecular de álcool, considere que dois mols do álcool reajam entre si, a quente e em meio ácido, para formar um único mol do produto orgânico e um mol de água:



O produto formado na reação é nomeado:

- A) but-1-eno
- B) but-2-eno
- C) butoxibutano
- D) etoxietano
- E) propoxipropano

4. (PUC-RJ) Reações de eliminação, mais especificamente as de desidratação de álcoois, são de grande importância, pois geram matéria-prima para a indústria química. Considere que a desidratação intramolecular de 1 mol da substância (I) gera 1 mol do produto orgânico e 1 mol de água, conforme mostrado na equação química abaixo:

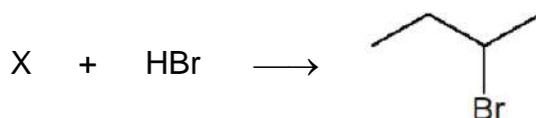


(I)

O produto orgânico formado na reação é denominado:

- A) ciclopentano
- B) ciclopentanol
- C) ciclopentanona
- D) ciclopenteno
- E) ciclopentino

5. (PUC-RJ) O 2-bromo-butano pode ser obtido através da reação do ácido bromídrico (HBr) com um composto orgânico (indicado por X na equação).



Sobre o composto X e o tipo de reação, é CORRETO afirmar que:

- A) é um alcano, e a reação é de adição.
- B) é um alcino, e a reação é de eliminação.
- C) é um alceno, e a reação é de adição.
- D) é um álcool, e a reação é de substituição.
- E) é uma cetona, e a reação é de eliminação.

6. (UFPR adaptada) Considere as seguintes informações acerca dos compostos orgânicos A, B e C.

- O composto A possui fórmula molecular C_3H_6 .
- O composto B é o produto majoritário da reação de adição do ácido bromídrico

em A ($A + \text{HBr} \longrightarrow B$).

– O composto C é o produto orgânico de substituição da reação entre B e hidróxido de potássio ($B + \text{KOH} \longrightarrow C$).

Com base nessas informações, os compostos A, B e C são, respectivamente:

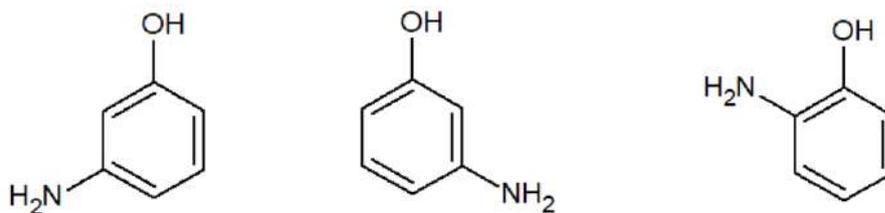
- A) Propano; 1-bromo-propano; propano-1-ol.
- B) Propino; 2-bromo-propano; propan-2-ol.
- C) Propeno; 2-bromo-propano; propan-2-ol.
- D) Propino; 1-bromo-propano; propan-1-ol.
- E) Propeno; 1-bromo-propano; propan-1-ol.

7. (UERJ) Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupamentos NH_2 .

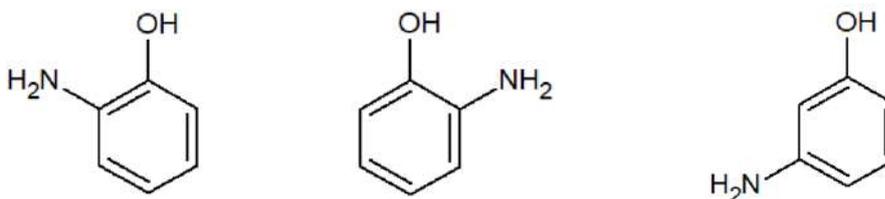
Com a substituição de apenas um átomo de hidrogênio, são formados três aminofenóis distintos.

As fórmulas estruturais desses compostos estão representadas em:

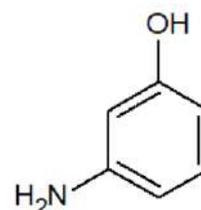
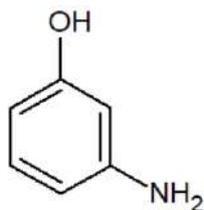
A)



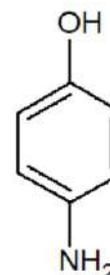
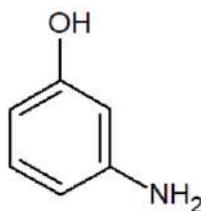
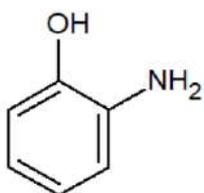
B)



C)



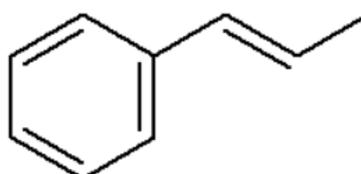
D)



8. (PUC-RJ adaptada) As reações de cloração (halogenação) dos alcanos ocorrem na presença de gás cloro (Cl_2) sob condições ideais, e geralmente dão origem a diversos produtos contendo átomos de cloro. Por exemplo, no caso da cloração do metilbutano (C_5H_{12}) é possível obter quatro produtos diferentes. Esse tipo de reação é classificado como

- A) substituição.
- B) adição.
- C) acilação.
- D) combustão.
- E) oxidação.

9. (Enem) O permanganato de potássio (KMnO_4) é um agente oxidante forte muito empregado tanto em nível laboratorial quanto industrial. Na oxidação de alcenos de cadeia normal, como o 1-fenil-1-propeno ilustrado na figura, o KMnO_4 é utilizado para a produção de ácidos carboxílicos.

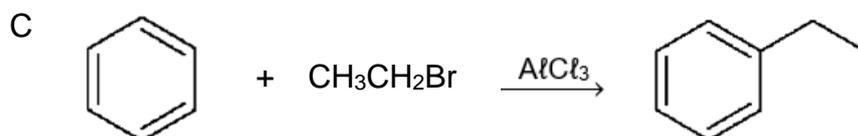
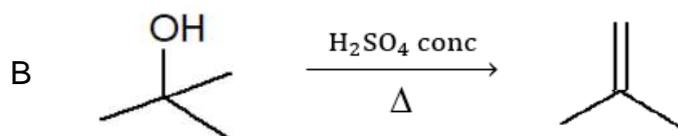
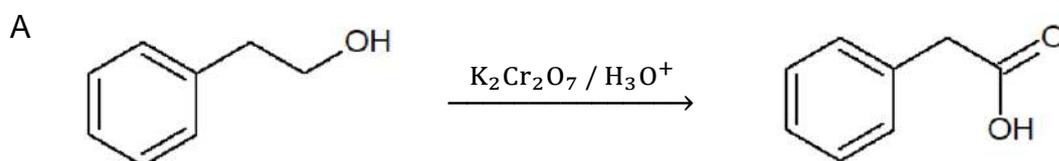


1-fenil-1-propeno

Os produtos obtidos na oxidação do alceno representado, em solução aquosa de KMnO_4 são:

- A) ácido benzoico e ácido etanoico.
- B) ácido benzoico e ácido propanoico.
- C) ácido etanoico e ácido 2-feniletanoico.
- D) ácido 2-feniletanoico e ácido metanoico.
- E) ácido 2-feniletanoico e ácido propanoico.

10. (PUC-RJ)



As reações **A**, **B** e **C** são classificadas, respectivamente, como

- A) oxidação, eliminação e alquilação
- B) eliminação, adição e alquilação
- C) oxidação, substituição e adição
- D) adição, eliminação e substituição
- E) eliminação, substituição e adição

11. (Enem) As cetonas fazem parte de famílias olfativas encontradas em muitos alimentos. A molécula de hexan-3-ona é um exemplo desses compostos voláteis responsáveis pelo aroma, podendo ser obtida por processos energéticos realizados em meio ácido, na presença de oxidantes como o permanganato de potássio.

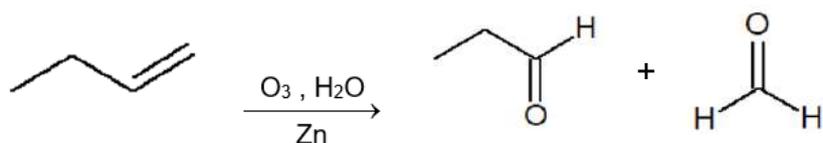
Para se produzir esse composto volátil em laboratório, deve-se oxidar a molécula de

- A) hexanal.
- B) hexan-1-ol.
- C) hexan-3-ol.
- D) hex-1-en-1-ol.
- E) ácido hexanoico.

12. (CEFET-MG) Os álcoois, quando reagem com permanganato de potássio, em meio ácido e com aquecimento, podem ser oxidados a aldeídos, cetonas ou ácidos carboxílicos. O álcool que, submetido às condições citadas, **NÃO** é capaz de reagir é o

- A) etanol.
- B) butan-2-ol.
- C) cicloexanol.
- D) 2-metil-propan-2-ol.
- E) 2-metil-pent-1-en-3-ol

13. (Enem) A ozonólise, reação utilizada na indústria madeireira para a produção de papel, é também utilizada em escala de laboratório na síntese de aldeídos e cetonas. As duplas ligações dos alcenos são clivadas pela oxidação com o ozônio (O_3) em presença de água e zinco metálico, e a reação produz aldeídos e/ou cetonas, dependendo do grau de substituição da ligação dupla. Ligações duplas dissubstituídas geram cetonas, enquanto as ligações duplas terminais ou monossubstituídas dão origem a aldeídos, como mostra o esquema.

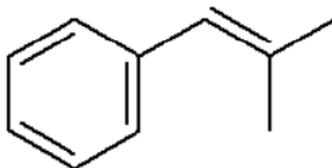


But-1-eno

Propanal

Metanal

Considere a ozonólise do composto 1-fenil-2-metilprop-1-eno:



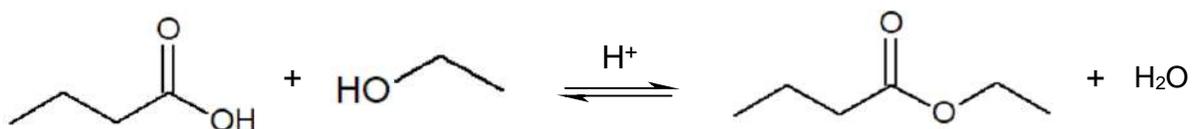
1-fenil-2-metilprop-1-eno

MARTINO, A. Química, a ciência global. Goiânia: Editora W, 2014 (adaptado).

Quais são os produtos formados nessa reação?

- A) Benzaldeído e propanona.
- B) Propanal e benzaldeído.
- C) 2-fenil-etanal e metanal.
- D) Benzeno e propanona.
- E) Benzaldeído e etanal.

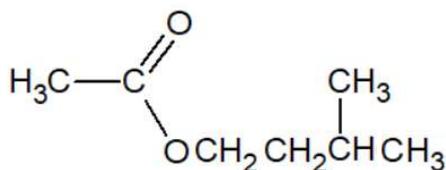
14. (UERJ) Um produto industrial consiste na substância orgânica formada no sentido direto do equilíbrio químico representado na seguinte equação:



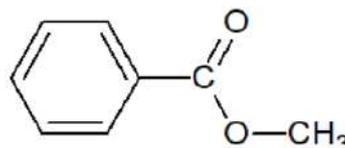
A função orgânica desse produto é:

- A) éster
- B) cetona
- D) aldeído
- E) hidrocarboneto

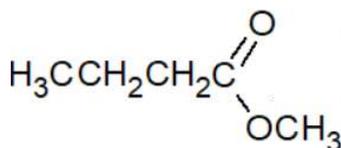
15. (FUVEST) O cheiro agradável das frutas deve-se, principalmente, à presença de ésteres. Esses ésteres podem ser sintetizados no laboratório, pela reação entre um álcool e um ácido carboxílico, gerando essências artificiais, utilizadas em sorvetes e bolos. A seguir estão as fórmulas estruturais de alguns ésteres e a indicação de suas respectivas fontes.



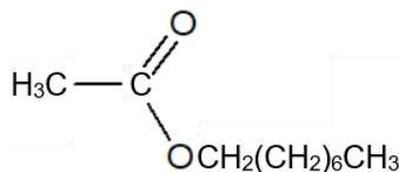
banana



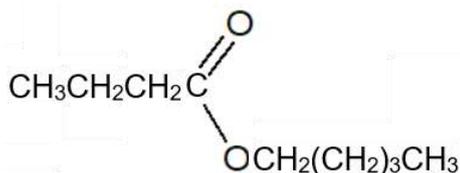
kiwi



maçã



laranja

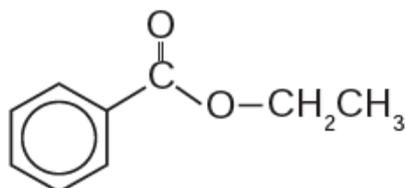


morango

A essência, sintetizada a partir do ácido butanoico e do metanol, terá cheiro de

- A) banana
- B) kiwi.
- C) maçã.
- D) laranja.
- E) morango.

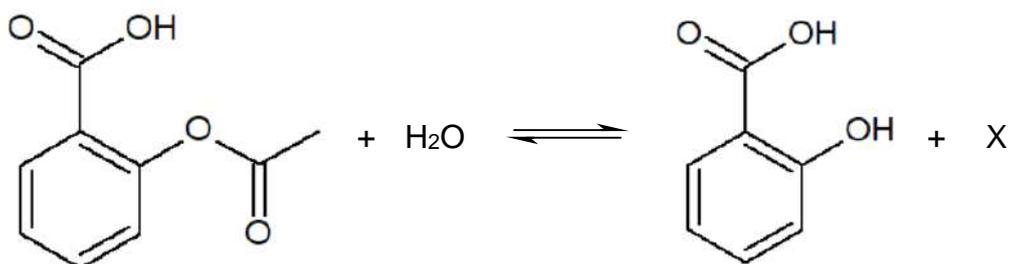
16. (Enem) A própolis é um produto natural conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. Esse material contém mais de 200 compostos identificados até o momento. Dentre eles, alguns são de estrutura simples, como é o caso do $C_6H_5CO_2CH_2CH_3$, cuja estrutura está mostrada a seguir.



O ácido carboxílico e o álcool capazes de produzir o éster em apreço por meio da reação de esterificação são, respectivamente,

- A) ácido benzoico e etanol.
- B) ácido propanoico e hexanol.
- C) ácido fenilacético e metanol.
- D) ácido propiônico e cicloexanol.
- E) ácido acético e álcool benzílico.

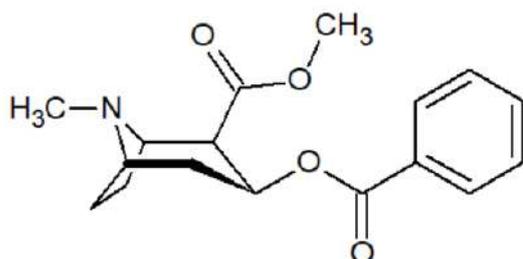
17. (UERJ) O ácido acetilsalicílico é um medicamento usado no combate à febre e à dor. No organismo, ele é hidrolisado, formando o ácido salicílico e um composto X, conforme representado na equação química abaixo.



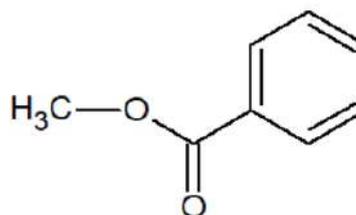
O composto X, formado nessa reação, é denominado:

- A) etanoato de etila
- B) ácido etanoico
- C) etoxietano
- D) etanol

18. (FUVEST) Os cães podem ser treinados para identificar certas substâncias, dentre elas, a cocaína. Contudo, no treinamento, os cães não precisam ser expostos à cocaína para aprenderem a reconhecer o seu odor. O treinamento pode ser realizado com o benzoato de metila, um éster de odor pungente, produto volátil da degradação da cocaína.

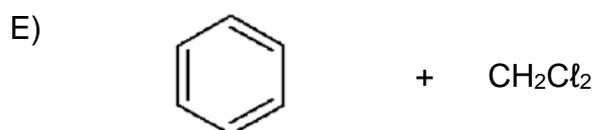
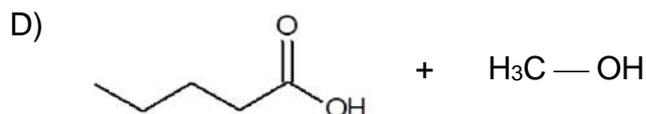
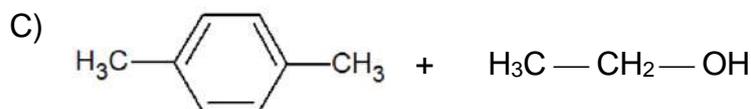
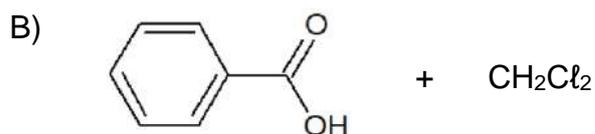
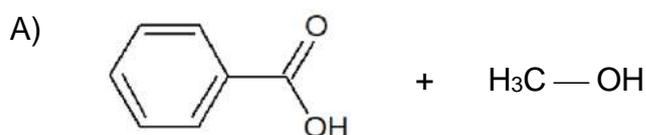


cocaína

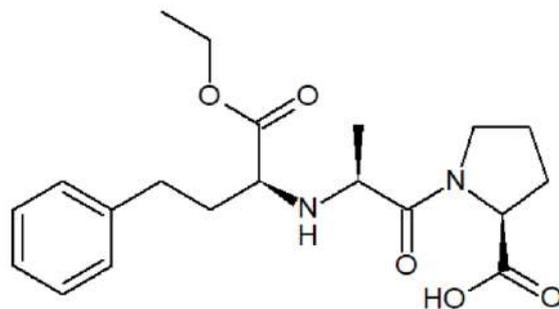


benzoato de metila

Considerando o exposto, qual das reações representadas poderia gerar o mesmo éster capaz de atrair um cão treinado para a identificação de cocaína?



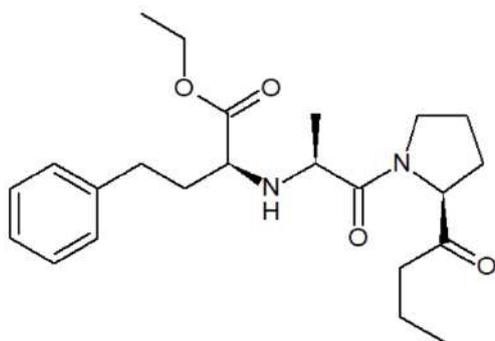
19. (PUC-RJ) O enalapril, cuja estrutura é mostrada abaixo, é utilizado para o tratamento de hipertensão arterial.



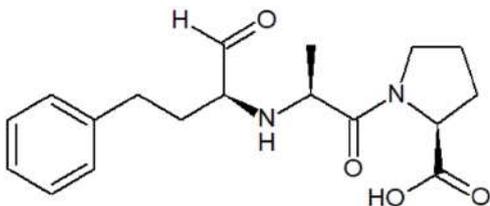
enalapril

Considerando-se que, no organismo humano, o enalapril sofre hidrólise da função éster, a estrutura do produto de maior massa molecular formado por essa reação é:

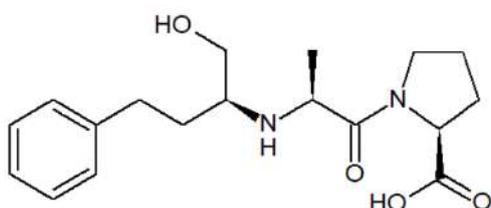
A)

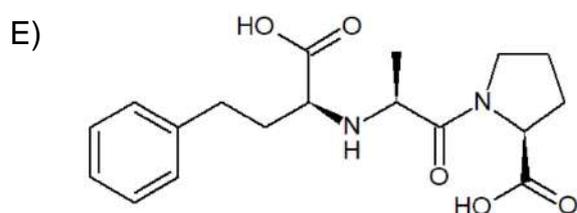
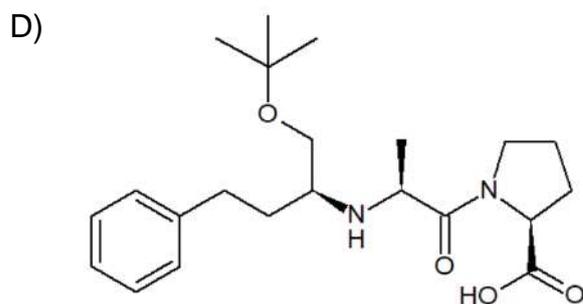


B)

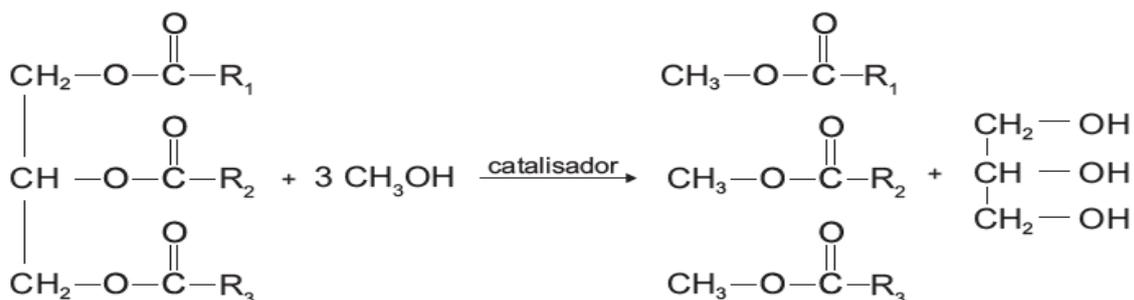


C)





20. (Enem) O biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, que surgiu como alternativa ao uso do diesel de petróleo para motores de combustão interna. Ele pode ser obtido pela reação entre triglicerídeos, presentes em óleos vegetais e gorduras animais, entre outros, e álcoois de baixa massa molar, como o metanol ou etanol, na presença de um catalisador, de acordo com a equação química:



A função química presente no produto que representa o biodiesel é

- A) éter.
- B) éster.
- C) álcool.
- D) cetona.
- E) ácido carboxílico.

UNIDADE 9

QUÍMICA ORGÂNICA NO COTIDIANO

Petróleo

A palavra **petróleo** vem do latim (petrae = pedra; oleum = óleo). Ele é um material oleoso e inflamável resultante da decomposição de matéria orgânica. É menos denso que a água e sua coloração varia entre o negro e o castanho escuro.

Ao longo de milhares de anos ocorreu o depósito de restos de animais e vegetais mortos no fundo de lagos e mares. Este material depositado foi lentamente coberto por sedimentos (pó de calcário, areia etc.) que posteriormente se transformaram em rochas sedimentares (calcário e arenito). Sob a influência de elevadas pressões e temperaturas, a matéria orgânica depositada passou por reações químicas complexas que originaram ao petróleo. Por isso, o petróleo está localizado nas bacias sedimentares, estando associado à água e ao gás natural.

A composição do petróleo é variável, depende da fonte, mas, em geral, há hidrocarbonetos e pequenas quantidades de substâncias contendo enxofre, fósforo, nitrogênio e oxigênio. Também podem ser encontradas substâncias inorgânicas consideradas como impurezas.

Tais impurezas são removidas através de processos físicos de separação de misturas: decantação e filtração.

A decantação consiste na separação dos componentes de uma mistura pela diferença de suas densidades. Neste processo, após um certo tempo, a água tende a ficar na parte inferior e o petróleo na parte superior, pois ele é menos denso.

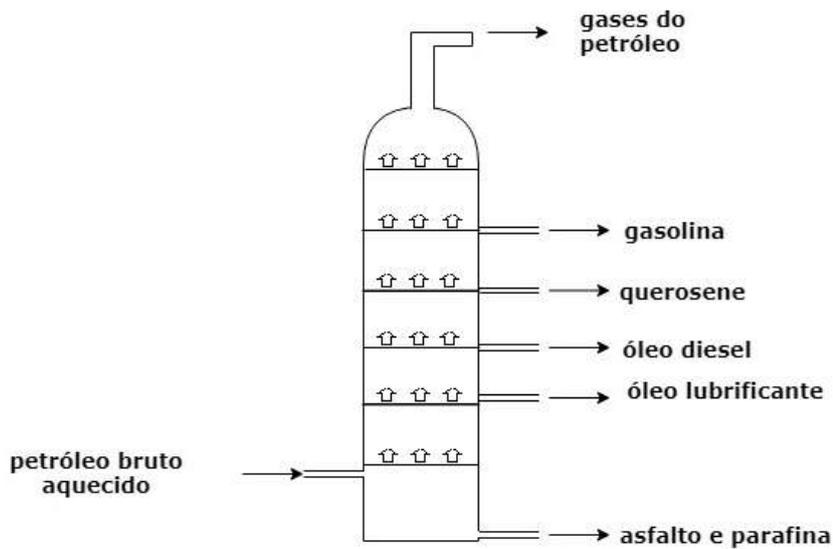
Na filtração, ocorre a passagem da mistura por um filtro ou malha fina que retém as partículas sólidas maiores, tais como areia e a argila.

Depois desses processos, é realizado o refino do petróleo, que transforma a mistura complexa de hidrocarbonetos em frações mais simples.

Como estes hidrocarbonetos têm temperaturas de ebulição muito próximas, não é possível separar cada um desses componentes individualmente. Então o petróleo é separado em grupos ou misturas de hidrocarbonetos, as chamadas **frações do petróleo**, formadas por um número menor de substâncias. Tais frações apresentam diferentes faixas de temperatura de ebulição, daí o uso da **destilação fracionada** nas refinarias para separá-las.

Neste processo, o petróleo é colocado em um forno (fornalha ou caldeira) ligado a uma torre de destilação que possui vários níveis, também chamados de pratos ou bandejas. Como o aquecimento é realizado na parte inferior, a temperatura de cada bandeja vai diminuindo quanto maior for sua altura na torre.

O petróleo é aquecido em uma coluna de destilação até a sua ebulição, então os vapores dos compostos vão subindo pela torre. Os hidrocarbonetos com moléculas maiores permanecem líquidos na base da torre. Os mais leves são vaporizados e vão subindo pela coluna através de orifícios até atingirem bandejas de temperaturas menores que o seu ponto de ebulição, quando se condensam e são retirados da coluna. A figura a seguir apresenta um esquema de uma torre de destilação ou torre de fracionamento de petróleo incluindo a separação de algumas de suas frações.



Destilação fracionada do petróleo.

A tabela a seguir apresenta algumas frações do petróleo, os números de carbonos presentes em suas moléculas e suas faixas de temperatura de ebulição.

Fração	Número de átomos de carbono por molécula	Faixa de temperatura de ebulição (°C)
Gás residual	C ₁ a C ₂	-
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	C ₃ a C ₄	Até 40
Gasolina	C ₅ a C ₁₀	40 – 175
Querosene	C ₁₁ a C ₁₂	175 – 235
Gasóleo leve (óleo diesel)	C ₁₃ a C ₁₇	235 – 305
Gasóleo pesado	C ₁₈ a C ₂₅	305 – 400
Lubrificantes	C ₂₆ a C ₃₈	400 - 510
Resíduos (asfalto, piche)	> C ₃₈	> 510

Frações obtidas na destilação do petróleo.

Fonte: adaptado de Thomas, J. E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Ed. Interciência, p.5.

Observe que substâncias cujas moléculas possuem maiores cadeias carbônicas apresentam maiores temperaturas de ebulição.

Após esse processo, há ainda o **craqueamento térmico** ou **catalítico**, em que ocorre a quebra de moléculas longas de hidrocarbonetos em outras de cadeias menores.

Por exemplo, o $C_{17}H_{36}$ presente no óleo diesel é transformado em C_8H_{16} e C_9H_{20} , que são constituintes da gasolina. O $C_{15}H_{32}$ presente no querosene é utilizado para produzir substâncias presentes na gasolina, C_8H_{16} e C_7H_{16} .

Há ainda a **reforma catalítica** em que as moléculas dos derivados do petróleo sofrem uma reestruturação, podendo ocorrer a transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em cadeia ramificada ou a transformação de hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia cíclica ou aromáticos.

Outro processo utilizado para se obter gasolina é a **alquilação**, que de forma inversa ao craqueamento, combina moléculas menores de substâncias gasosas em moléculas maiores presentes na gasolina. Neste processo, gases presentes no petróleo, como C_4H_8 e C_4H_{10} são transformados em C_8H_{18} , um constituinte da gasolina.

Materiais obtidos do petróleo são utilizados em iluminação, como combustíveis de automóveis, aviões, navios, no aquecimento de casas e prédios. Eles também são importantes para a fabricação de tecidos sintéticos, borracha sintética, sabões, detergentes, tintas, plásticos, medicamentos, inseticidas, fertilizantes, etc.

Os combustíveis gás natural veicular (GNV), gasolina, óleo diesel e querosene são os derivados mais importantes do petróleo.

Apesar de ter uma série de benefícios para a sociedade, a exploração e uso do petróleo e seus derivados são responsáveis por inúmeros problemas ambientais, tais como a liberação de gases tóxicos para a atmosfera, a contaminação de águas, do solo e de alimentos.

Gás natural

O **gás natural** é uma mistura de hidrocarbonetos leves. O gás metano (CH_4) é seu principal componente. Ele é incolor, inodoro e muito inflamável em condições normais de temperatura e pressão. Geralmente, ele tem sua origem nos pântanos, pelo apodrecimento de vegetais. É formado também nos aterros sanitários, em virtude da atividade de bactérias presentes no lixo, nos processos de extração e utilização de combustíveis fósseis.

O gás natural é um ótimo combustível em virtude de seu elevado poder calorífico e por ser menos poluente do que os derivados do petróleo. O gás natural está sendo usado nas indústrias, na geração de energia elétrica e como combustível para automóveis (o gás natural veicular - GNV).

O gás encanado usado em apartamentos nas grandes cidades é composto também pelo metano.

O uso do gás natural como fonte de energia tem vantagens ambientais em relação aos outros combustíveis fósseis, como carvão mineral e derivados de petróleo, pois a sua combustão não produz quantidades significativas de monóxido de carbono (CO), além de não serem liberados na atmosfera óxidos de enxofre que possam provocar a chuva ácida, uma vez que não há enxofre em sua composição.

Há uma estimativa de que o Brasil tenha reservas da ordem de 650 bilhões de m^3 de gás natural, situadas principalmente na bacia de Campos.

Carvão

O **carvão** utilizado como combustível pode ser **mineral** ou **vegetal**.

Carvão mineral

O **carvão mineral** é encontrado no subsolo e resulta da transformação de árvores que cresceram há 300 milhões de anos em pântanos rasos. Tais plantas armazenavam energia solar, morriam e caíam nos pântanos. Pela ação de microrganismos, pressão e temperatura elevadas, os vegetais soterrados iam perdendo umidade, oxigênio e nitrogênio, produzindo um carvão cada vez mais rico em carbono.

O carvão mineral é semelhante a uma pedra, tendo uma aparência preta e rígida. Ele é composto de uma parte orgânica combustível contendo carbono e hidrogênio, pequenas proporções de oxigênio, enxofre e nitrogênio e uma parte mineral que possui silicatos constituintes da cinza. A composição percentual desses componentes depende do tempo em que o material foi formado, ou seja, quanto maior o tempo de evolução, mais alto é o teor de carbono e menor é o teor de oxigênio.

Quanto maior o teor de carbono, maior é o poder energético do carvão.

O carvão era utilizado como combustível desde a antiguidade, alimentando fornos para a fusão de minérios metálicos. Ele também foi utilizado como combustível de locomotivas e navios a vapor. Nos dias atuais, o carvão mineral tem sua aplicação nas usinas termoeletricas.

O carvão é o recurso mais abundante e bastante poluente, pois sua combustão emite grandes quantidades de gás carbônico (CO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), trióxido de enxofre (SO₃) e cinzas no ar.

Carvão vegetal

O **carvão vegetal** é um material de cor negra obtido pela combustão incompleta da madeira ou lenha. Em sua composição há carbono, oxigênio, hidrogênio e cinzas. Ele é muito utilizado como combustível para aquecedores, lareiras, churrasqueiras e fogões a lenha.

O carvão vegetal para uso medicinal (carvão ativado) é considerado um fitoterápico e é extraído de madeiras moles e não resinosas (partes lenhosas, cascas e serragens). Ele é material bastante poroso, o que explica a sua propriedade de ser um adsorvente (retém um fluido em sua superfície) e ser utilizado em sistemas de tratamentos de água para remover substâncias que conferem odor desagradável à água.

Ele também possui as vantagens de ser uma fonte renovável de energia, pois como tem origem vegetal, sua matéria-prima pode ser replantada, além de emitir menos poluentes que o carvão mineral em sua combustão.

Biocombustíveis

Nas últimas décadas, tem-se buscado cada vez mais os chamados combustíveis alternativos, pois fatores ambientais, econômicos e sociais têm motivado a substituição dos combustíveis fósseis.

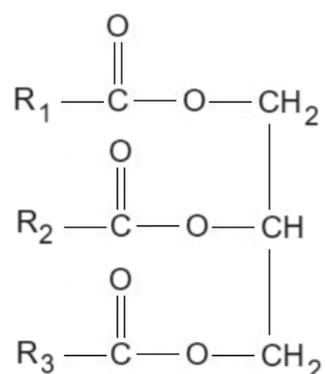
Um **biocombustível** é um produto útil para a geração de energia, obtido total ou parcialmente de biomassa. Um exemplo é o biodiesel produzido a partir de óleos vegetais.

O biodiesel é resultante da **reação de transesterificação**. Ela ocorre entre um triacilglicerol e um álcool (etanol ou metanol), em presença de catalisador, produzindo uma mistura de outros ésteres (biodiesel) e outro álcool (glicerol).

O **triacilglicerol** ou **triglicerídeo** é um triéster originado da união de três moléculas de ácidos graxos com uma molécula de triálcool (glicerol).

Geralmente, o **ácido graxo** é um ácido carboxílico contendo 12 ou mais átomos de carbono por molécula e que pode ser saturado ou insaturado. Mas, também pode-se considerar como ácido graxo qualquer ácido carboxílico que um ser vivo utilize para produzir um triacilglicerol.

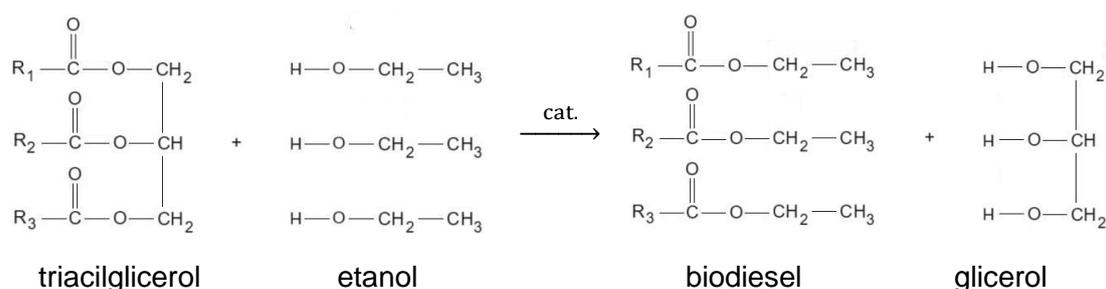
O triacilglicerol possui a seguinte estrutura genérica:



R₁, R₂ e R₃ são grupos saturados ou insaturados.

Os materiais contendo triacilgliceróis podem ser óleos ou gorduras. Os óleos são formados a partir de ácidos graxos insaturados e se encontram no estado líquido em condições ambientes. As gorduras são provenientes de ácidos graxos saturados e são sólidas em condições ambientes.

Observe a equação química que representa uma reação genérica de transesterificação:

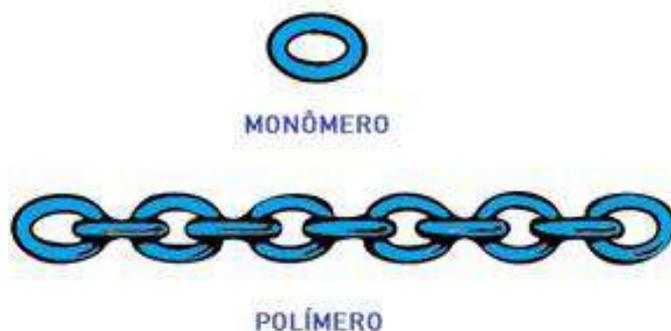


A vantagem do biodiesel sobre o diesel é que o primeiro é um recurso natural renovável, enquanto que o segundo é um combustível fóssil não renovável.

Uma vez que a maior parte da produção agrícola é voltada para o mercado alimentício, o governo brasileiro tem permitido aos poucos a adição de biodiesel ao diesel obtido na destilação do petróleo.

Polímeros

O termo **polímero** tem origem grega: “*poli*” significa muitas e “*mero*” significa partes. Este tipo de material possui moléculas muito grandes formadas pela união de muitas moléculas menores iguais ou diferentes que se repetem, denominadas monômeros. Simbolicamente podemos imaginar o monômero como sendo o elo de uma corrente, e o polímero como sendo a corrente.



Lidiane Almeida

Representação do monômero e polímero.

Os polímeros podem ser **naturais** ou **sintéticos**.

Muitos polímeros são **naturais**, sendo produzidos pelo metabolismo de seres vivos, como a borracha natural, os polissacarídeos (amido, celulose e glicogênio) e as proteínas.

Os polímeros **artificiais** são aqueles submetidos ao processo de modificação química. Estes polímeros sintéticos são classificados em polímeros de adição e polímeros de condensação.

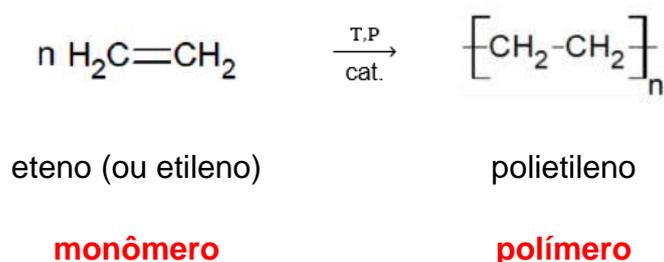
Polímeros de adição

Os **polímeros de adição** são formados pela união (soma) de moléculas pequenas (monômeros) sem haver a eliminação de alguma substância.

Polietileno

O eteno, proveniente do petróleo ou do álcool de cana-de-açúcar, possibilita a síntese do **polietileno**, que é um plástico utilizado para a fabricação de objetos domésticos, brinquedos, garrafas plásticas, cortinas, sacolas plásticas etc.

A equação abaixo representa a produção do polietileno a partir do eteno. O eteno é o monômero e o polietileno é o polímero.



Nesta reação, a ligação pi (π) de cada molécula do eteno se rompe, deixando os dois carbonos que possuíam a ligação dupla com uma ligação faltando (1 valência livre). Isso faz com que o carbono com valência livre de uma molécula se ligue ao carbono com valência livre de outra molécula. Estas ligações são efetuadas entre várias (“n”) moléculas dando origem ao polímero.

Na representação do polímero, coloca-se entre colchetes a estrutura do monômero que se repete com as duas valências livres. No lado direito inferior do segundo colchete, inclui-se o índice “n” para indicar que a estrutura se repete “n” vezes.

Neste caso, o valor de n pode variar de 2.000 a 100.000, dependendo das condições em que a reação é feita. Devido ao seu enorme tamanho avantajado, a estrutura de um polímero é chamada de **macromolécula**. O fenômeno que produz o polímero é denominado **reação de polimerização**. Nela, a molécula inicial (monômero) vai, sucessivamente, se unindo a outras, originando o dímero, o trímero, o tetrâmero, até chegar no polímero.



Lidiane Almeida

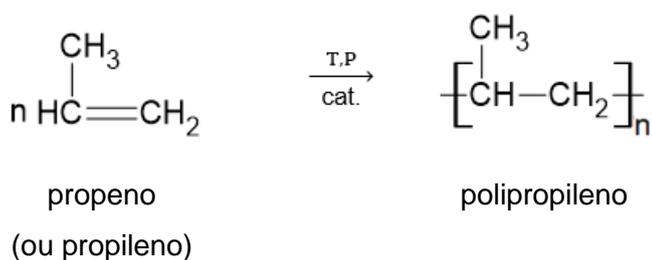
Objetos produzidos a partir do polietileno.

A aparência e as propriedades do polietileno podem ser modificadas alterando-se as condições de ocorrência da reação de polimerização. O polietileno de alta densidade (PEAD) é um sólido compacto de elevada resistência em que um número muito grande de moléculas do monômero se unem por ligações muito fortes. Este plástico faz parte do tubo externo de canetas esferográficas, embalagens de materiais de limpeza e de higiene. Enquanto que o polietileno de baixa densidade (PEBD) é mais flexível, pois é

formado por um número bem menor de moléculas ramificadas cuja união não é tão forte. Este tipo de plástico está presente em sacos de lixo, sacolas de supermercado, tampinhas de garrafa, etc.

Polipropileno

O **polipropileno** é produzido a partir do propeno (ou propileno) segundo a reação abaixo e possui elevada resistência à tração.

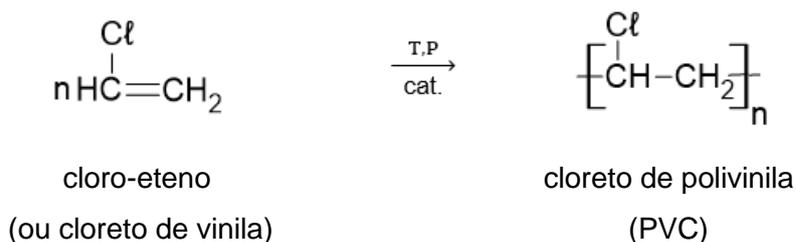


Este polímero é usado na fabricação cadeiras, poltronas, para-choques, cordas, tapetes de automóveis etc.

Cloreto de polivinila

O **cloreto de polivinila** (PVC, do inglês, polyvinyl chloride) é usado na fabricação de tubos para encanamento, sapatos plásticos, filmes para embalagens etc.

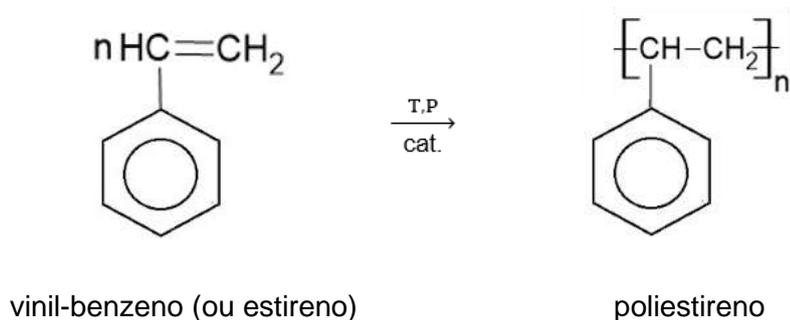
Sua preparação ocorre usando o cloro-eteno (ou cloreto de vinila) como matéria-prima:



Poliestireno

O **poliestireno** é usado para fabricar pratos, xícaras etc. Quando aquecido com substâncias que produzem gases, ele incha, dando origem ao isopor, que é extremamente leve e ótimo isolante térmico.

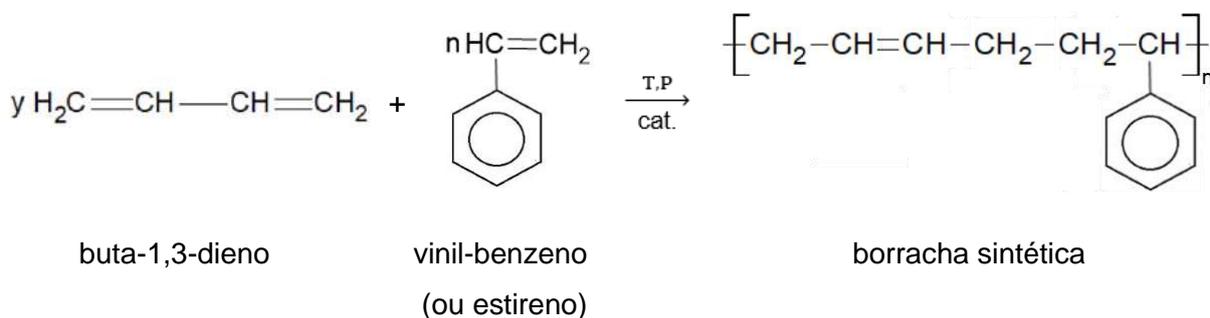
O poliestireno é produzido a partir do monômero vinil-benzeno (ou estireno) segundo a reação:



Borracha sintética

A **borracha sintética** é classificada como **copolímero**, que é o polímero obtido a partir de dois (ou mais) monômeros diferentes.

Um exemplo é a borracha sintética formada pela polimerização do buta-1,3-dieno com o estireno:



A borracha sintética obtida na reação acima é conhecida industrialmente pela sigla SBR (Styrene Butadiene Rubber), que após passar pelo processo de vulcanização, pode ser utilizada para a fabricação de pneus.

A **vulcanização** consiste na adição de enxofre à borracha, seguida de aquecimento, para se obter um material mais rígido e resistente. O enxofre adicionado se incorpora às moléculas ao promover a quebra das ligações duplas, formando ligações de enxofre que entre às moléculas do polímero. Isso faz com que a borracha fique com uma estrutura tridimensional aumentando a resistência do material.

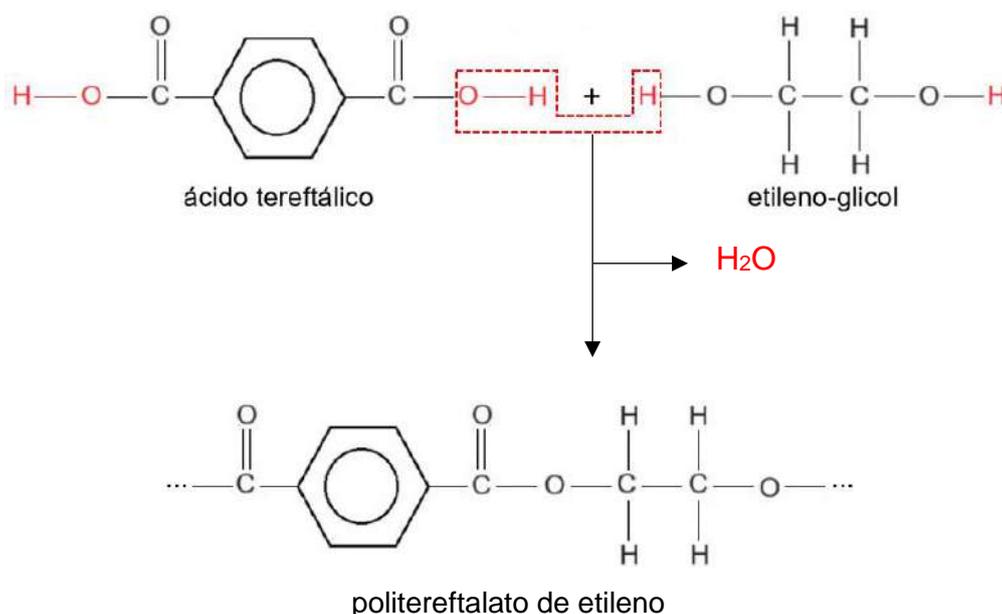
Polímeros de condensação

Um **polímero de condensação** é obtido pela reação de dois monômeros com eliminação de uma substância com moléculas de tamanhos pequenos.

Poliéster e nylon são exemplos deste tipo de polímero.

Poliéster

Um **poliéster** é um polímero obtido pela reação de esterificação repetida muitas vezes entre um poliácido e um poliálcool eliminando água. Os poliésteres são usados na produção de varas de pescar, engrenagens e na fabricação de fibras têxteis com os nomes comerciais de terilene, tergal etc. Um dos exemplos mais simples é o da reação entre o ácido tereftálico e o etileno-glicol:



As reticências na estrutura apresentada acima indicam que a estrutura repete várias vezes. O politereftalato de etileno é um poliéster também conhecido como PET.

Náilon

O **náilon** é formado várias condensações entre uma diamina e um diácido eliminando água.

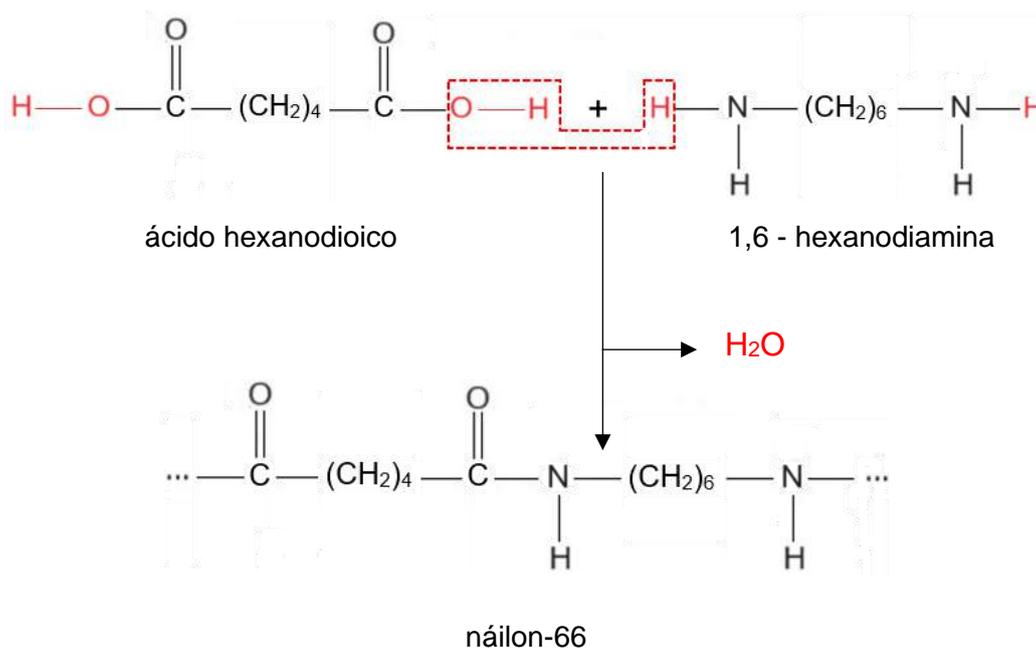
O náilon pode ser moldado para confecção de peças de máquinas ou transformado em fios para a fabricação de cordas, tecidos, linhas de pesca, etc.



Aplicação dos fios de náilon.

Fonte: www.canva.com

Como exemplo, observe a reação de produção do náilon-66:



Como o grupo funcional amida aparece várias vezes neste polímero, ele é classificado como uma poliamida.

Tipos de polímeros

Em geral, os materiais poliméricos são divididos em três categorias: **plásticos, fibras e elastômeros**.



Lidiane Almeida

Categorias de polímeros: A - plástico; B – fibra; C - elastômero.

Plásticos

Plásticos são os polímeros artificiais facilmente moldáveis.

Alguns deles, como os dos cabos de panelas, são maleáveis apenas durante a fabricação de um objeto, momento em que devem ser moldados, pois depois de prontos, a continuidade do aquecimento provoca a sua decomposição. Estes materiais são classificados como plásticos **termorrígidos** ou **termofixos**.

Os plásticos que podem ser remodelados quando aquecidos são classificados como **termoplásticos**. Como exemplos têm-se os plásticos usados na fabricação de utensílios domésticos, brinquedos e embalagens.

Fibras

As **fibras** são materiais poliméricos formados por moléculas com razão elevada entre o comprimento e as dimensões laterais, ou seja, são longas, finas que se alinham paralelamente através de estiramento no eixo longitudinal.

As fibras são usadas principalmente em materiais de vestuário. As fibras naturais, tais como algodão, o linho, a lã, a seda foram muito utilizadas durante séculos.

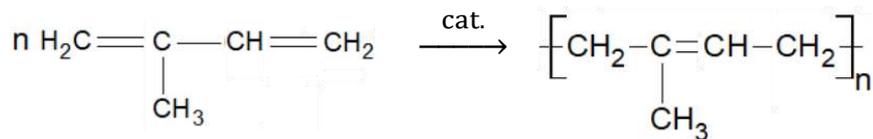
Com o desenvolvimento de polímeros sintéticos que produzem fibras ocorreu uma revolução no setor têxtil. As fibras sintéticas contribuíram para aumentar a diversidade dos vestuários e para atender às exigências diversas da sociedade, tais como o politereftalato de etileno (um poliéster) e o náilon (uma poliamida).

Elastômeros

Os **elastômeros** são polímeros que exibem elasticidade à temperatura ambiente. Ao se retirar o esforço, o material volta ao formato original. Essa categoria engloba as borrachas naturais e sintéticas.

A borracha natural, o poliisopreno, é considerada um elastômero, pois apesar de poder ser modelada como os plásticos, é um polímero de elevada elasticidade.

A borracha natural é produzida no Brasil a partir do látex da seringueira ou de outros vegetais. A equação a seguir representa a reação de polimerização do isopreno sob catálise enzimática na seringueira que produz a borracha natural.



2-metil-buta-1,3-dieno

(ou isopreno)

poli-isopreno

(ou borracha natural)

O látex da seringueira é uma emulsão de 35% de poliisopreno. A borracha natural é um material mole que em contato com o gás oxigênio do ar se altera, ficando “melado”. O processo de vulcanização é utilizado para torná-la mais resistente.

A borracha natural é empregada na produção de pneus, de preservativos, componentes para calçados, luvas, etc.



Aplicações da borracha natural.

Fonte: www.canva.com

A borracha sintética (polibutadieno) substituiu com sucesso a borracha natural na fabricação de pneus e câmaras de ar. Como já estudamos, o polibutadieno é um polímero obtido a partir da polimerização do buta-1,3-dieno.

Polímeros condutores

No início da década de 1970, foram produzidos **polímeros condutores** de corrente elétrica. Eles foram produzidos a partir de uma descoberta acidental no laboratório de Hideki Shirakawa do Instituto de Tecnologia de Tóquio. Um aluno de Shirakawa utilizou uma quantidade de catalisador muitas vezes maior que a necessária para tentar sintetizar o poliacetileno. Ao invés de obter um esperado pó preto, ele sintetizou um filme prateado parecido com uma folha de alumínio. Após tratamentos químicos, o material obtido apresentou uma condutividade elétrica semelhante à do cobre metálico em condições ambientes. Tal fato levou à preparação de outros polímeros condutores.

Tais polímeros são conhecidos como “metais sintéticos”, pois possuem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas semelhantes às de metais e semicondutores.

Uma característica desses polímeros que explica sua condutividade elétrica é o fato deles possuírem ligações duplas alternadas em sua estrutura o que cria um movimento de elétrons deslocalizados na cadeia.

Problemas ambientais

A grande quantidade de materiais fabricados a partir de polímeros sintéticos trouxe problemas gerados pelo enorme volume de lixo produzido diariamente por materiais poliméricos descartáveis. Esse lixo pode levar muitos anos para se decompor em virtude de não ser biodegradável.

Os plásticos têm sido muito utilizados atualmente, pois possuem inúmeras as vantagens quando comparados a outros materiais como o vidro e as ligas metálicas. Dentre elas, podem ser citadas características importantes como leveza (embalagens podem ser transportadas com menor gasto de energia) e toxicidade baixa ou nula (fundamental nos materiais biomédicos).

Esses materiais são resistentes à degradação, o que leva a consequências negativas para o meio ambiente, uma vez que o consumo exagerado e o descarte inadequado destes materiais têm provocado seu acúmulo na natureza. Ao se utilizar matéria-prima proveniente do petróleo, uma fonte não renovável, para produzir plástico, há os problemas de se consumir grande quantidade de energia no processo e gerar efluentes e gases tóxicos que são lançados no ambiente.

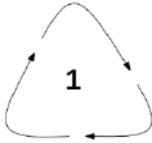
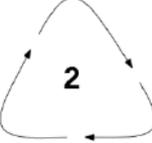
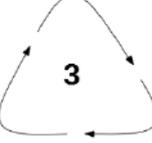
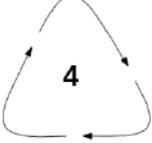
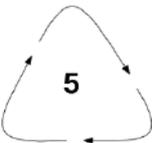
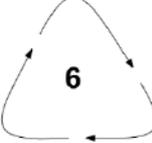
Apesar de os plásticos causarem diversos problemas, deixar de utilizá-los não parece ser uma alternativa viável para a sociedade, então deve-se minimizar os prejuízos com consumo consciente e reciclagem de materiais.

A reciclagem dos plásticos não é tão simples, pois há dificuldade na sua identificação, uma vez que pode haver dois materiais poliméricos de mesmo aspecto visual, mas formados por moléculas diferentes.

Plásticos diferentes são constituídos por polímeros diferentes, portanto eles não possuem as mesmas propriedades. Assim, para se reciclar tais materiais deve-se separá-los conforme o tipo de polímero. Com o objetivo de facilitar o processo, os objetos são classificados e marcados de acordo com os plásticos que os constituem. Esta classificação indica o tipo de material empregado na confecção de tal artefato.

Em 1988 a Sociedade das Indústrias de Plásticos (*Society of Plastics Industry, Inc.* (SPI)) introduziu um sistema de identificação para facilitar a recuperação dos recipientes plásticos descartados. Tal identificação é colocada na base do recipiente ou no verso da embalagem do produto.

Os símbolos de identificação dos plásticos predominantes do mercado segundo a norma ABNT NBR 13230 estão na tabela a seguir:

Código	Polímero
 PET	PET - polietilenotereftalato
 PEAD	PEAD – polietileno de alta densidade
 PVC	PVC – policloreto de vinila
 PEBD	PEBD – polietileno de baixa densidade
 PP	PP – polipropileno
 PS	PS - poliestireno
 Outros	Outros

Símbolos utilizados para identificação de plásticos.

Plásticos biodegradáveis

Os **plásticos biodegradáveis** ou **bioplásticos** são derivados de matérias-primas de fontes renováveis, tais como celulose, amido, etc. Estes plásticos têm a vantagem de serem decompostos por microrganismos presentes no solo, ao contrário do que ocorre com aqueles fabricados a partir de frações do petróleo, que permanecem muitos e muitos anos sem sofrerem degradação.

Um tipo de plástico não biodegradável, mas que é classificado como bioplástico ou biopolímero é o denominado **plástico verde** ou **polietileno verde** proveniente do etanol da cana-de-açúcar. Trata-se de um plástico semelhante ao polietileno, com a vantagem de ser produzido a partir da cana-de-açúcar e não do petróleo.

O etanol produzido a partir da cana-de-açúcar é desidratado para se obter o eteno (etileno) que então é transformado em polietileno. O plástico verde tem sido utilizado em fraldas descartáveis, brinquedos, tanques de combustível, recipientes para iogurtes, leite, xampu, detergentes, sacolas de supermercado, etc.



Lidiane Almeida

Sacola de supermercado feita de polietileno verde.

Como já foi dito, o plástico verde não é biodegradável, mas tem a vantagem de ser totalmente reciclável e sua matéria-prima ser renovável.

Sabões e detergentes

O **sabão** é um material de limpeza empregado desde a antiguidade. Registros históricos iniciais relacionados com a fabricação do sabão datam de 2800 a.C. na região da antiga Babilônia, onde era produzida uma mistura de aspecto pastoso feita de gordura animal e cinzas provenientes das fogueiras.

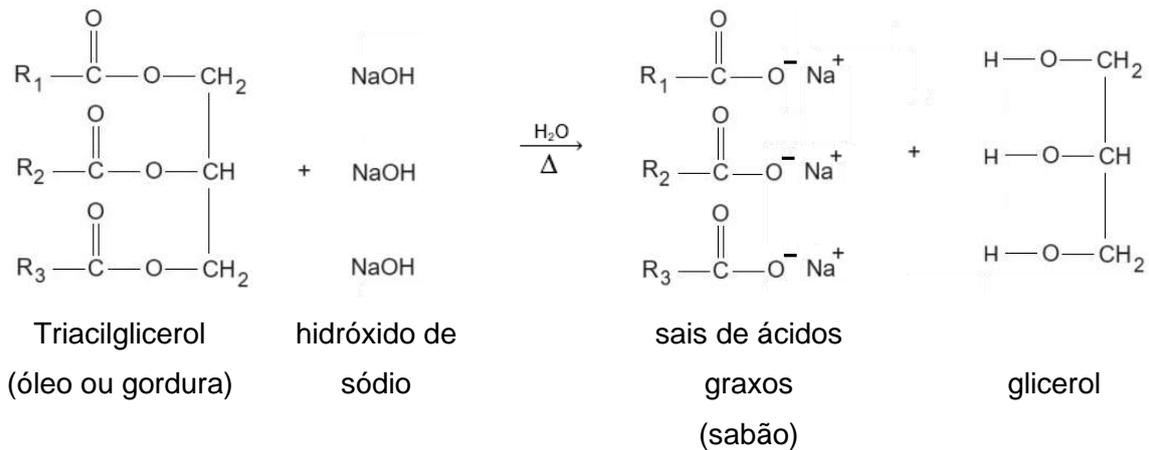
Segundo uma lenda romana antiga, a produção propriamente dita do sabão originou-se em uma localidade chamada Monte Sapo, uma região onde animais eram sacrificados e cremados. A água da chuva arrastava a gordura animal e as cinzas para as margens do Rio Tibre, onde as mulheres costumavam lavar suas roupas. Elas perceberam que suas roupas ficavam mais limpas com pouco esforço aplicado ao serem lavadas neste rio.

A produção do sabão foi sofrendo transformações com o passar dos séculos e esse material tornou-se artigo de luxo nos séculos XV e XVI. Ele passou a ser produzido em larga escala por indústrias europeias, especialmente na França e na Itália.

O sabão é produzido a partir da chamada de **reação de saponificação**, na qual há a reação de óleo ou gordura com substâncias alcalinas, resultando num sal orgânico (o sabão propriamente dito) e um álcool.

Óleos e gorduras são materiais classificados como lipídeos, sendo encontrados em tecidos animais ou vegetais. São constituídos por uma mistura de diversas substâncias, sendo as mais importantes os ácidos graxos e seus derivados.

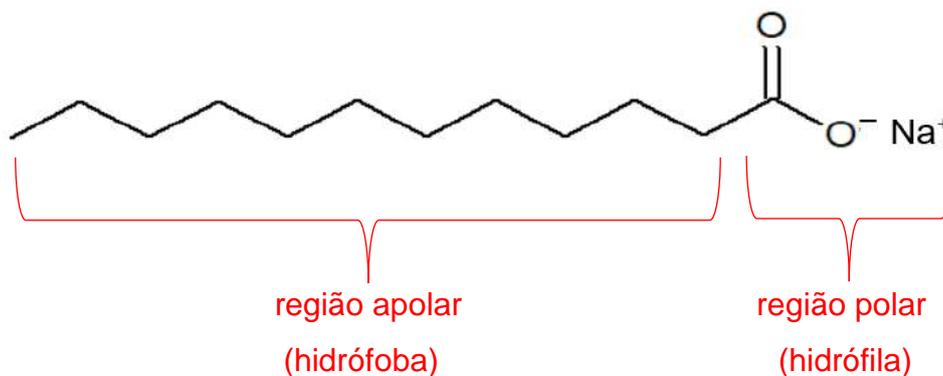
A equação química a seguir representa a reação de óleo ou gordura com hidróxido de sódio produzindo sabão e glicerol, também conhecido como glicerina.



O uso de hidróxido de potássio (KOH) ao invés de hidróxido de sódio, resulta num sabão mais solúvel em água, sendo empregado, por exemplo, em creme de barbear.

O sabão tem como característica ter uma estrutura longa que apresenta uma extremidade carregada eletricamente (que é solúvel em água) e a outra parte, composta por carbonos e hidrogênios, que solubiliza compostos apolares, como a sujeira e gorduras, formando **micelas**, que são pequenas cápsulas de gordura rodeadas por moléculas de sabão. Essas micelas são solúveis na água devido à extremidade polar do sabão, possibilitando a limpeza de um material utilizando-se água corrente.

Exemplo de estrutura de um sabão:



Quando o sabão entra em contato com **água dura**, ou seja, água com elevada concentração de sais de cálcio e magnésio, ocorre a formação de substâncias insolúveis na água o que diminui a eficiência do sabão.

Um **detergente** sintético também tem a função de limpeza e atua da mesma forma que um sabão. Tanto o detergente quanto o sabão apresentam estruturas com cadeias carbônicas longas, a diferença é que o sabão é um sal de ácido carboxílico e o detergente sintético é, na maioria das vezes, um sal que contém o ânion SO_3^- ou o cátion NH_3^+ .

O detergente é utilizado para reduzir a tensão superficial da água (**agente tensoativo**), o que facilita o contato com objetos que devem ser limpos. As grandes moléculas presentes no detergente ficam entre as moléculas de água e diminuem a atração entre elas. Por exemplo, uma lâmina de barbear é feita de aço, logo é mais densa que a água. Porém, este material flutua na água presente num recipiente devido à elevada tensão superficial do líquido. Se forem adicionadas gotas de detergente nesta água, a lâmina afundará, pois ocorrerá uma diminuição na tensão superficial da água.

A adição de detergente a uma mistura de líquidos imiscíveis, como por exemplo água e óleo de cozinha, possibilita a preparação de uma mistura estável e homogênea, pois suas moléculas possuem uma parte polar (hidrofílica), que atrai a água, e outra apolar (hidrofóbica), que atrai a substância apolar, como o óleo. Logo, detergente é um **agente emulsificante (ou surfactante)**, pois pode ser utilizado para aumentar a estabilidade de uma emulsão, tornando-a homogênea.

Exemplo de estrutura de um detergente:



Os detergentes têm a vantagem de não formar sais insolúveis em águas duras o que não ocorre com os sabões.

Sabões e detergentes consumidos em indústrias e residências são descartados na rede de esgotos e acabam sendo direcionados para rios e lagos. Sabões são biodegradáveis, mas os detergentes podem ser biodegradáveis ou não.

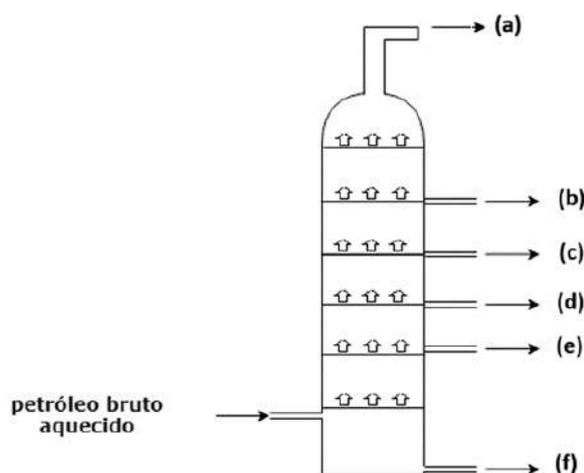
Dados experimentais mostram que detergentes de cadeia normal são biodegradáveis, sendo consumidos por microrganismos presentes na água. Porém, os detergentes de cadeia ramificada não são biodegradáveis podendo se acumular num rio ou lago, formando grande quantidade de espuma. Tal camada de espuma dificulta a entrada de gás oxigênio na água o que provoca a morte de seres aquáticos.

Os detergentes foram bastante consumidos nas décadas de 50 e 60, o que provocou a formação de enormes quantidades de espuma em rios. Tal fato chegou a impedir a navegação fluvial. Após os incidentes ocorridos com esses materiais, detergentes biodegradáveis passaram a ser produzidos.

Sabões e detergentes são prejudiciais para aves aquáticas. Elas possuem um revestimento oleoso em suas penas que as possibilitam boiar na água, impedindo que as mesmas fiquem encharcadas de água. Porém, se a água estiver contaminada por tais agentes surfactantes, a camada protetora de óleo pode ser removida, o que pode provocar o afogamento da ave.

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. A figura a seguir representa o modelo de uma torre de destilação, cujas frações obtidas são indicadas pelas letras **a** a **f**. Considerando que o petróleo é aquecido até a sua ebulição, os hidrocarbonetos com moléculas maiores permanecem líquidos na base da torre. Os mais leves são vaporizados e vão subindo pela coluna através de orifícios até atingirem bandejas de temperaturas menores que o seu ponto de ebulição, quando se condensam e são retirados da coluna.



Considere a tabela a seguir:

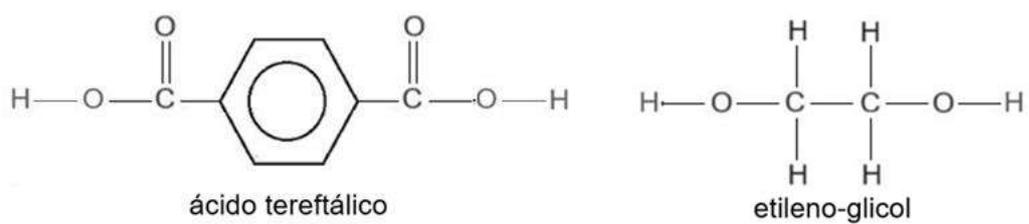
Fração	Número de átomos de carbono por molécula	Faixa de temperatura de ebulição (°C)
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	C ₃ a C ₄	Até 40
Gasolina	C ₅ a C ₁₀	40 – 175
Querosene	C ₁₁ a C ₁₂	175 – 235
Gasóleo leve (óleo diesel)	C ₁₃ a C ₁₇	235 – 305
Lubrificantes	C ₂₆ a C ₃₈	400 - 510
Resíduos (asfalto, piche)	> C ₃₈	> 510

Que letras da figura da torre de destilação correspondem às frações asfalto e gás liquefeito de petróleo, respectivamente?

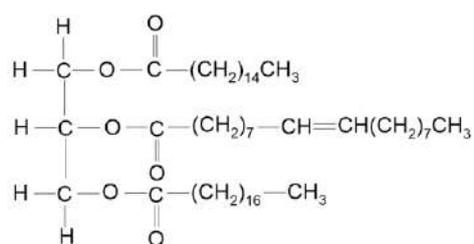
2. O gás metano, CH₄, é um dos principais componentes do gás natural e tem sido considerado uma alternativa de combustível em virtude das suas possibilidades de obtenção. Apresente duas formas de obtenção desse gás.

3. O polipropileno é polímero usado na fabricação cadeiras, poltronas, para-choques, cordas, tapetes de automóveis etc. Apresente a equação completa que representa a reação de obtenção desse polímero e classifique o esse tipo de polímero.

4. O politereftalato de etileno é um poliéster também conhecido como PET e é usado na produção de varas de pescar, engrenagens e na fabricação de fibras têxteis etc. A reação de polimerização ocorre entre o ácido tereftálico e o etileno-glicol. Considere as estruturas desses monômeros a seguir, apresente a equação que representa a reação de obtenção desse poliéster e classifique o polímero obtido.

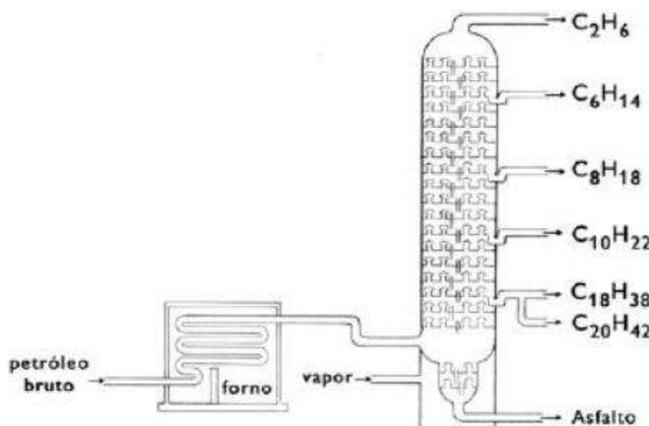


5. Apresente a reação de saponificação a partir do triglicerídeo representado a seguir e o hidróxido de sódio, na proporção 1:3. Explique por que o sabão interage tanto com a água quanto com óleos e gorduras.



QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. (UERJ) Os vários componentes do petróleo são separados por um processo denominado destilação fracionada. Em sua destilação, alguns hidrocarbonetos são separados na ordem indicada no esquema abaixo.



(Adaptado de SILVA, R.H. SILVA, E.B. Curso de Química. São Paulo: Harbra, 1992.)

A ordem de destilação desses componentes do petróleo está justificada pela seguinte afirmação:

- A) os alcanos são os hidrocarbonetos mais voláteis.
- B) os hidrocarbonetos são líquidos de baixo ponto de ebulição.
- C) o aumento da massa molar dos hidrocarbonetos provoca uma maior volatilidade.
- D) o ponto de ebulição dos hidrocarbonetos aumenta com o aumento da massa molar.

2. (Enem) Para compreender o processo de exploração e o consumo dos recursos petrolíferos, é fundamental conhecer a gênese e o processo de formação do petróleo escritos no texto abaixo. “O petróleo é um combustível fóssil, originado provavelmente de restos de vida aquática acumulados no fundo dos oceanos primitivos e cobertos por sedimentos. O tempo e a pressão do sedimento sobre o material depositado no fundo do mar transformaram esses

restos em massas viscosas de coloração negra denominadas jazidas de petróleo.” (Adaptado de TUNDISI, Usos de energia. São Paulo: Atual, 1991.)

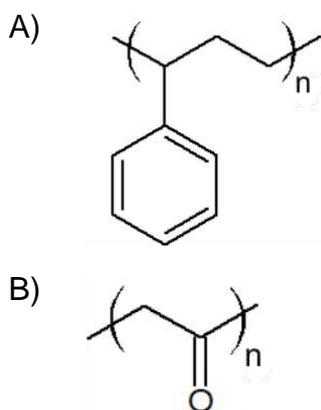
As informações do texto permitem afirmar que:

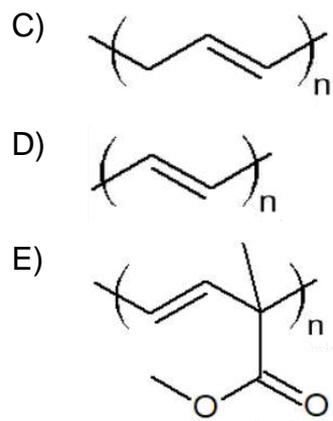
- A) o petróleo é um recurso energético renovável a curto prazo, em razão de sua constante formação geológica.
- B) a exploração de petróleo é realizada apenas em áreas marinhas.
- C) a extração e o aproveitamento do petróleo são atividades não poluentes dada sua origem natural.
- D) o petróleo é um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

3. (Enem) O Prêmio Nobel de Química de 2000 deveu-se à descoberta e ao desenvolvimento de polímeros condutores. Esses materiais têm ampla aplicação em novos dispositivos eletroluminescentes (LEDs), células fotovoltaicas etc. Uma propriedade-chave de um polímero condutor é a presença de ligações duplas conjugadas ao longo da cadeia principal do polímero.

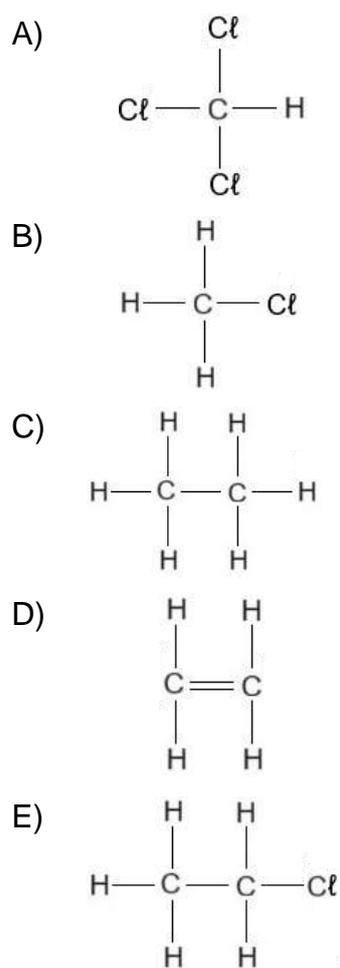
ROCHA FILHO, R. C. Polímeros condutores: descoberta e aplicações.
Química Nova na Escola, n. 12, 2000 (adaptado).

Um exemplo desse polímero é representado pela estrutura





4. (FUVEST) Qual das moléculas representadas adiante tem estrutura adequada à polimerização, formando macromoléculas?



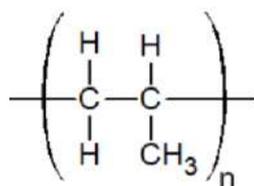
5. (FGV) Na tabela, são apresentadas algumas características de quatro importantes polímeros.

Polímero	Estrutura química	Usos
X	$\text{-(CH}_2\text{—CH}_2\text{)}_n\text{-}$	Isolante elétrico, fabricação de copos, sacos plásticos, embalagens de garrafas.
Y	$\left[\text{CH}_2\text{—CH} \begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	Fibras, fabricação de cordas e de assentos de cadeiras.
Z	$\left[\text{CH}_2\text{—CH} \begin{array}{c} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$	Embalagens descartáveis de alimentos, fabricação de pratos, matéria-prima para fabricação do isopor.
W	$\left[\text{CH}_2\text{—CH} \begin{array}{c} \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$	Acessórios de tubulações, filmes para embalagens.

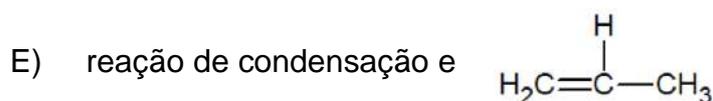
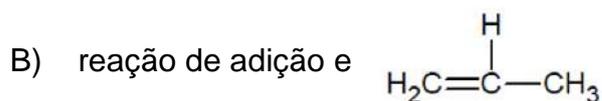
Polipropileno, poliestireno e polietileno são, respectivamente, os polímeros:

- A) X, Y e Z.
- B) X, Z e W.
- C) Y, W e Z.
- D) Y, Z e X.
- E) Z, Y e X.

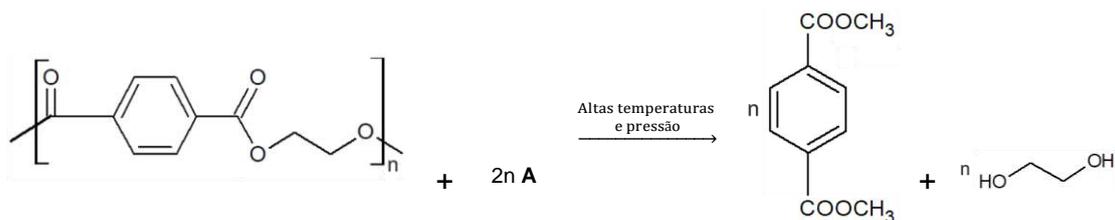
6. (FGV) Diversos polímeros, como o polietileno, o teflon e o PVC, são produzidos pelo mesmo tipo de reação de polimerização. Esses polímeros são empregados na fabricação de embalagens e em diversas finalidades em engenharia. A fórmula estrutural de um polímero reciclável dessa classe está representada a seguir.



A classificação da reação de polimerização que origina esse polímero e a fórmula estrutural do seu monômero são



7. (Enem) Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.



O composto A, representado no esquema de reação, é o

- A) metano.
- B) metanol.
- C) éter metílico.
- D) ácido etanoico.
- E) anidrido etanoico.

8. (FUVEST) Alguns polímeros biodegradáveis são utilizados em fios de sutura cirúrgica, para regiões internas do corpo, pois não são tóxicos e são reabsorvidos pelo organismo. Um desses materiais é um copolímero de condensação que pode ser representado pela figura 1.

Dentre os seguintes compostos da figura 2 os que dão origem ao copolímero citado são

Figura 1

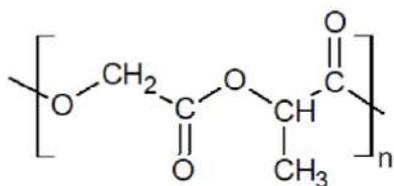
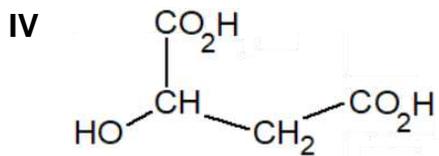
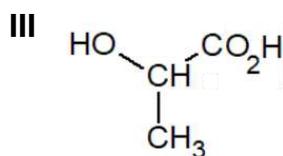
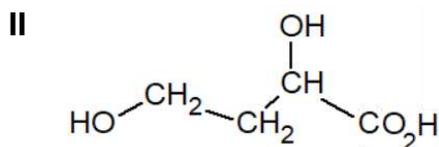
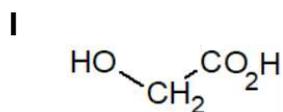
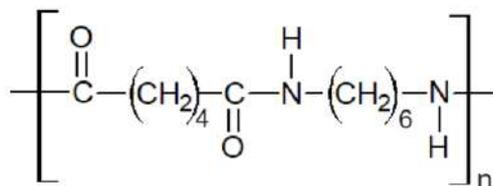


Figura 2



- A) I e III
- B) II e III
- C) III e IV
- D) I e II
- E) II e IV

9. (FGV) O náilon-66, estrutura representada na figura, é um polímero de ampla aplicação na indústria têxtil, de autopeças, de eletrodomésticos, de embalagens e de materiais esportivos.

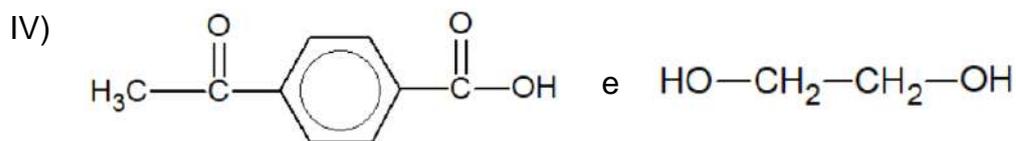
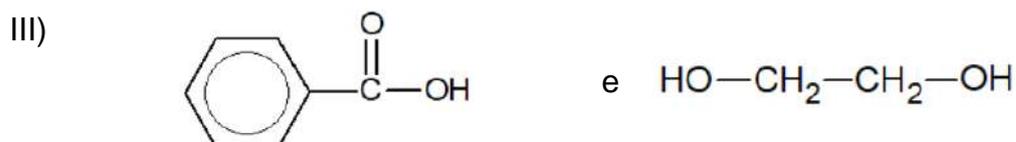
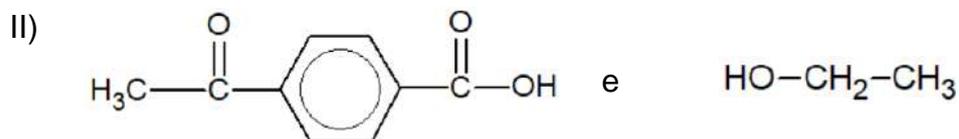
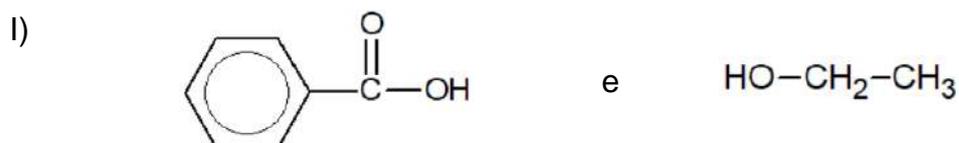


Esse polímero é produzido a partir da reação do ácido hexanodioico com a 1,6-diamino-hexano, formando-se também água como subproduto.

Quanto à classificação do polímero náilon-66 e ao tipo de reação de polimerização, é correto afirmar que se trata de

- A) poliéster e reação de adição.
- B) poliéster e reação de condensação.
- C) poliamida e reação de adição.
- D) poliamina e reação de condensação.
- E) poliamida e reação de condensação.

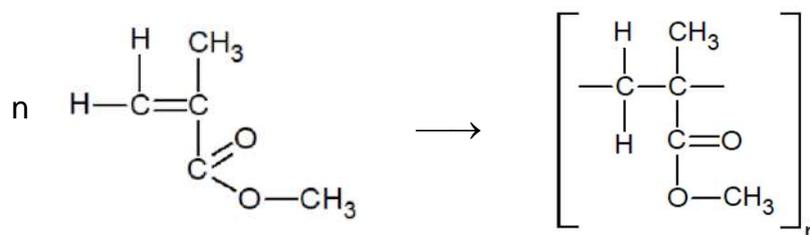
10. (FUVEST) Os poliésteres são polímeros fabricados por condensação de dois monômeros diferentes, em sucessivas reações de esterificação. Dentre os pares de monômeros a seguir,



poliésteres podem ser formados

- A) por todos os pares.
- B) apenas pelos pares II, III e IV.
- C) apenas pelos pares II e III.
- D) apenas pelos pares I e IV.
- E) apenas pelo par IV.

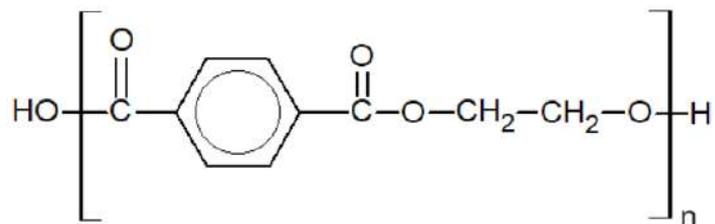
11. (PUC-SP) O polimetilacrilato, substância transparente e semelhante ao vidro, é obtido pela reação:



Nesse processo ocorre reação de:

- A) oxirredução.
- B) adição.
- C) substituição.
- D) eliminação.
- E) condensação.

12. (Enem) O uso de embalagens plásticas descartáveis vem crescendo em todo o mundo, juntamente com o problema ambiental gerado por seu descarte inadequado. O politereftalato de etileno (PET), cuja estrutura é mostrada, tem sido muito utilizado na indústria de refrigerantes e pode ser reciclado e reutilizado. Uma das opções possíveis envolve a produção de matérias-primas, como o etilenoglicol (1,2-etanodiol), a partir de objetos compostos de PET pós-consumo.



Disponível em: www.abipet.org.br. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

Com base nas informações do texto, uma alternativa para a obtenção de etilenoglicol a partir do PET é a

- A) solubilização dos objetos.
- B) combustão dos objetos.
- C) trituração dos objetos.
- D) hidrólise dos objetos.
- E) fusão dos objetos.

13. (Enem) A enorme quantidade de resíduos gerados pelo consumo crescente da sociedade traz para a humanidade uma preocupação socioambiental, em especial pela quantidade de lixo produzido. Além da reciclagem e do reuso, pode-se melhorar ainda mais a qualidade de vida, substituindo polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis.

Esses polímeros têm grandes vantagens socioambientais em relação aos convencionais porque

- A) não são tóxicos.
- B) não precisam ser reciclados.
- C) não causam poluição ambiental quando descartados.
- D) são degradados em um tempo bastante menor que os convencionais.
- E) apresentam propriedades mecânicas semelhantes aos convencionais.

14. (Enem) Com o objetivo de substituir as sacolas de polietileno, alguns supermercados têm utilizado um novo tipo de plástico ecológico, que apresenta em sua composição amido de milho e uma resina polimérica termoplástica, obtida a partir de uma fonte petroquímica.

ERENO, D. "Plásticos de vegetais". Pesquisa Fapesp, n. 179, jan. 2011 (adaptado).

Nesses plásticos, a fragmentação da resina polimérica é facilitada porque os carboidratos presentes

- A) dissolvem-se na água.
- B) absorvem água com facilidade.
- C) caramelizam por aquecimento e quebram.
- D) são digeridos por organismos decompositores.
- E) decompõem-se espontaneamente em contato com água e gás carbônico.

15. (Enem) A caixinha utilizada em embalagens como as de leite 'longa vida' é chamada de 'tetra brick', por ser composta de quatro camadas de diferentes materiais, incluindo alumínio e plástico, e ter a forma de um tijolo (brick, em inglês). Esse material, quando descartado, pode levar até cem anos para se decompor. Considerando os impactos ambientais, seria mais adequado:

- A) utilizar soda cáustica para amolecer as embalagens e só então descartá-las.
- B) promover a coleta seletiva, de modo a reaproveitar as embalagens para outros fins.
- C) aumentar a capacidade de cada embalagem, ampliando a superfície de contato com o ar para sua decomposição.
- D) constituir um aterro específico de embalagens 'tetra brick', acondicionadas de forma a reduzir seu volume.
- E) proibir a fabricação de leite 'longa vida', considerando que esse tipo de embalagem não é adequado para conservar o produto.

16. (Enem) A simples atitude de não jogar direto no lixo ou no ralo da pia o óleo de cozinha usado pode contribuir para a redução da poluição ambiental. Mas o que fazer com o óleo vegetal que não será mais usado? Não existe um modelo ideal de descarte, mas uma alternativa simples tem sido reaproveitá-lo para fazer sabão. Para isso, são necessários, além do próprio óleo, água e soda cáustica.

LOBO, I. **Sabão feito com óleo de cozinha**. Disponível em: <http://pga.pgr.mpf.gov.br>. Acesso em: 29 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto, a reação química que permite o reaproveitamento do óleo vegetal é denominada

- A) redução.
- B) epoxidação.
- C) substituição.
- D) esterificação.
- E) saponificação.

17. (Enem) A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos.

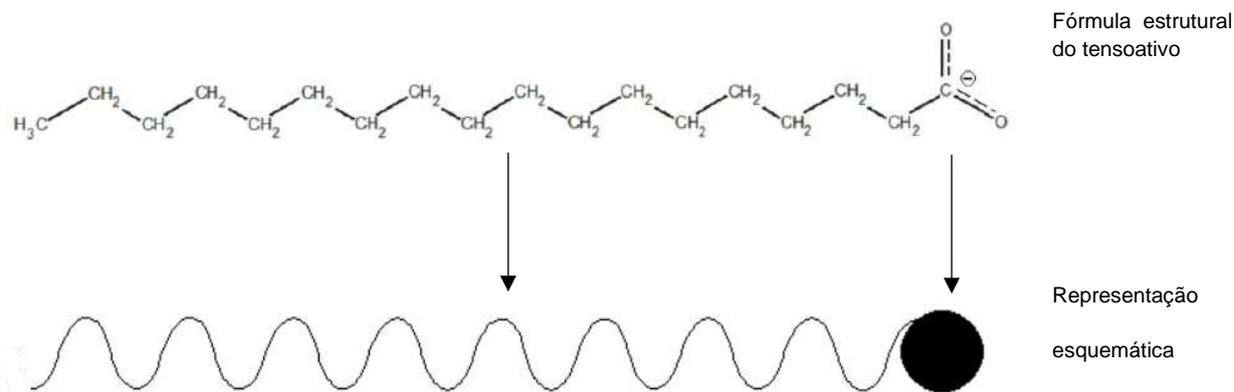
SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. (Coords.). **Química e sociedade**. São Paulo: Nova Geração, 2005 (adaptado).

A substância capaz de formar as estruturas mencionadas é:

- A) $C_{18}H_{36}$
- B) $C_{17}H_{33}COONa$
- C) CH_3CH_2COONa

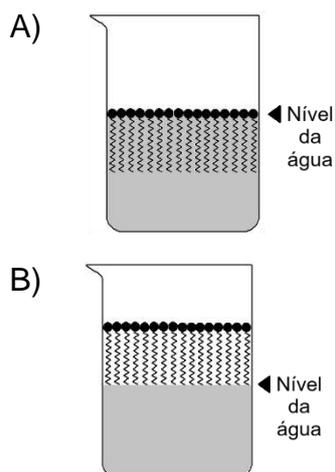
- D) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- E) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

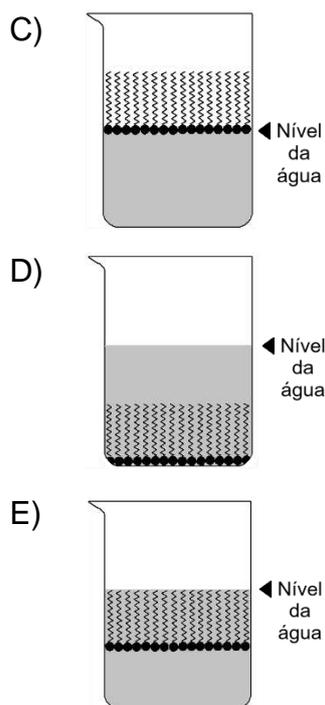
18. (Enem) Os tensoativos são compostos capazes de interagir com substâncias polares e apolares. A parte iônica dos tensoativos interage com substâncias polares, e a parte lipofílica interage com as apolares. A estrutura orgânica de um tensoativo pede ser representada por:



Ao adicionar um tensoativo sobre a água, suas moléculas formam um arranjo ordenado.

Esse arranjo é representado esquematicamente por:

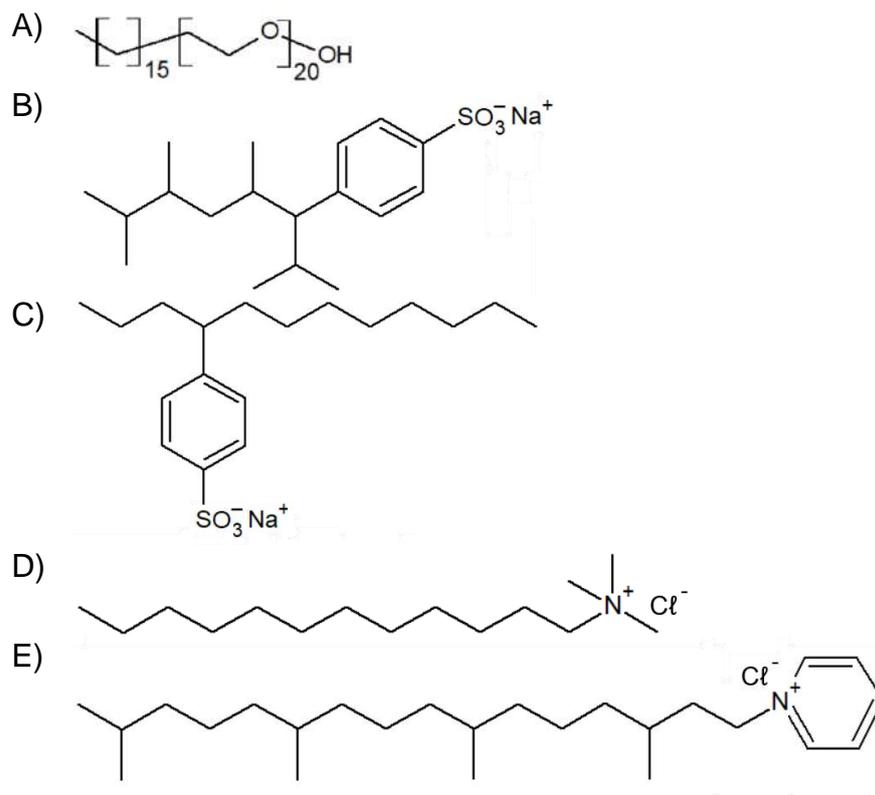




19. (Enem) Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência à degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando à persistência no meio ambiente por longos períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

PENTEADO, J. C. P.; EL SEOUD, O. A.; CARVALHO, L. R. F. [...]: uma abordagem ambiental e analítica. *Química Nova*, n. 5, 2006 (adaptado).

Qual a fórmula estrutural do tensoativo persistente no ambiente mencionado no texto?



20. (Enem) Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de para-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente tensoativo sintético, para diminuir os impactos desse acidente.

Essa intervenção produz resultados positivos para o ambiente porque

- A) promove uma reação de substituição no hidrocarboneto, tornando-o menos letal ao ambiente.
- B) a hidrólise do para-dodecil-benzenossulfonato de sódio produz energia térmica suficiente para vaporizar o hidrocarboneto.
- C) a mistura desses reagentes provoca a combustão do hidrocarboneto, o que diminui a quantidade dessa substância na natureza.
- D) a solução de para-dodecil-benzenossulfonato possibilita a solubilização do hidrocarboneto.
- E) o reagente adicionado provoca uma solidificação do hidrocarboneto, o que facilita sua retirada do ambiente.

RESPOSTAS DAS QUESTÕES

UNIDADE 1

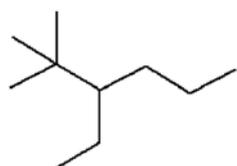
TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1.

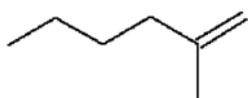
- | | | |
|-------------------|----------------------|----------------------------|
| a) Propano | b) Propeno | c) But-1-eno |
| d) Propino | e) Pent-2-ino | f) 2-metil-pentano. |
| g) 3-etil-hexano. | h) 3-metil-but-1-eno | i) 4,4-dimetil-pent-2-ino. |

2.

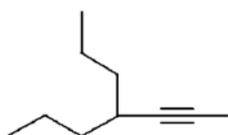
a)



b)



c)



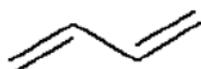
3.

A fórmula geral dos alcanos é C_nH_{2n+2} . Substituindo o valor de “n”:

- a) $5 \times 2 + 2 = 12$ átomos de hidrogênio
 b) $10 \times 2 + 2 = 22$ átomos de hidrogênio

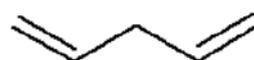
4.

a)



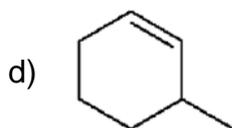
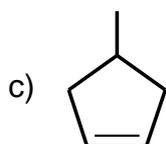
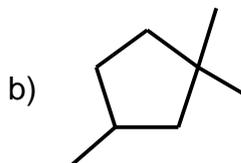
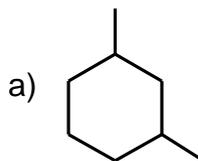
C_4H_6

b)



C_5H_8

5.



6.

- a) 1-isopropil-3-metil-ciclo-pentano
- b) 3-isopropil-1,1-dimetil-ciclo-hexano
- c) 4-etil-3-metil-ciclo-hexeno

7.

- a) vinil-benzeno
- b) 1-etil-3-metil-benzeno
- c) 1,3,5-trimetil-benzeno
- d) 6-etil-2-metil-naftaleno

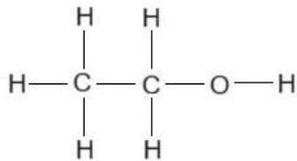
QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. D 2. A 3. E 4. A 5. C 6. D 7. A 8. E 9. B 10. E 11. A 12. D
13. D 14. B 15. D 16. D 17. C 18. C 19. D 20. A

UNIDADE 2

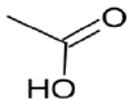
TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1.



2. Etóxi-etano ou éter etílico.

3.



Ácido etanoico.

4.

- a) cetona.
- b) aldeído.
- c) éter.
- d) éster.

5. Fenol.

6. Cetona e álcool.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. A 2. A 3. A 4. C 5. A 6. D 7. D 8. B 9. B 10. A 11. C 12. D
 13. C 14. A 15. A 16. B 17. B 18. E 19. C 20. B

UNIDADE 3

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. Amina

2.

Fórmula estrutural	Fórmula molecular
	C ₃ H ₉ N

3.

Fenilamina: amina primária

Dietilamina: amina secundária

4. 2-metil-butanamida

5.

a) Amida

b) N-etil-N-metil-propanamida

QUESTÕES DE VESTIBULAR

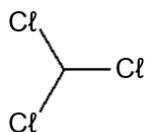
1. B 2. D 3. C 4. C 5. C 6. B 7. A 8. A 9. B 10. A 11. C 12. C
13. C 14. D 15. B 16. B 17. D 18. E 19. A 20. A

UNIDADE 4

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. C₁₂H₄Cl₄O₂

2.



3. Pentanoato de potássio

4.

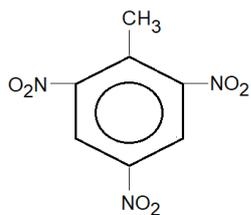
II

I

IV

III

5.



QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. D 2. E 3. B 4. E 5. D 6. B 7. B 8. C 9. B 10. C 11. D 12. B
 13. A 14. C 15. C 16. C 17. B 18. A 19. A 20. E

UNIDADE 5

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1.

- a) Isomeria de função
- b) Metameria
- c) Isomeria de cadeia
- d) Isomeria de posição
- e) Isomeria de posição
- f) Tautomeria

2. Não, pois elas não possuem a mesma fórmula molecular.

3.

IV

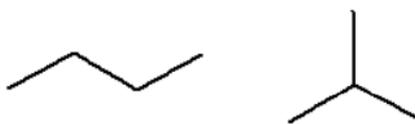
I

III

II

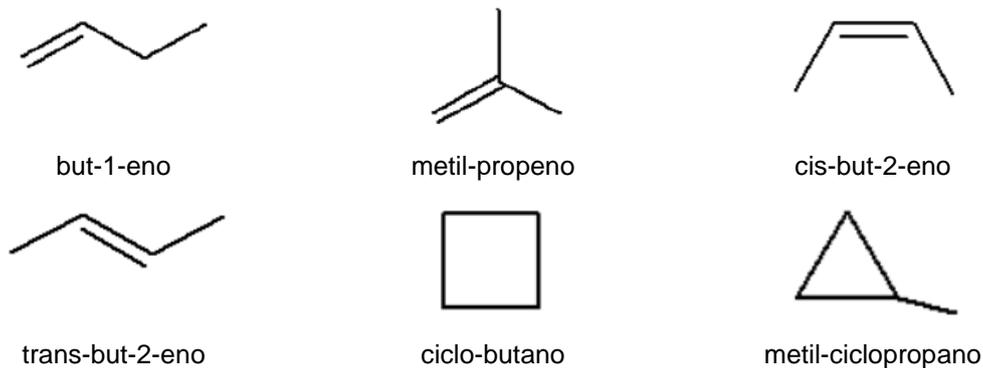
4. Isomeria de cadeia e de posição.

5.



6. a / d

7.



8. a / c / d

9. Apresente o número de isômeros oticamente ativos e a quantidade de misturas racêmicas que podem ser formadas em:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------|
| a) isômeros oticamente ativos = 2 | misturas racêmicas = 1 |
| b) isômeros oticamente ativos = 4 | misturas racêmicas = 2 |

10. $2^4 = 16$

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. C 2. A 3. A 4. D 5. A 6. E 7. A 8. B 9. A 10. C 11. B
 12. D 13. B 14. E 15. D 16. E 17. C 18. C 19. A 20. B

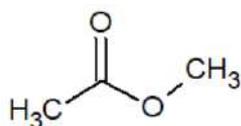
UNIDADE 6

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. Considerando as duas substâncias no estado líquido, no butanal há ligações intermoleculares do tipo dipolo – dipolo que são mais fortes que as ligações dipolo induzido-dipolo induzido presentes entre as moléculas do pentano.

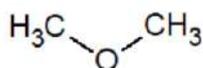
2.

a) O metanoato de metila é um isômero de função do ácido etanoico:



metanoato de metila

O metóxi-metano é um isômero de função do etanol:



metóxi-metano

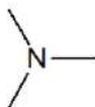
b) O ácido etanoico possui maior polaridade, fazendo mais ligações de hidrogênio entre suas moléculas, logo ele possui temperatura de ebulição maior que a do etanol.

3.

a)



propilamina



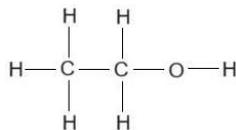
trimetilamina

b) A trimetilamina possui menor temperatura de ebulição porque no estado líquido não apresenta ligações de hidrogênio entre as moléculas, pois não possui átomo de nitrogênio ligado diretamente a átomo de hidrogênio, diferente da propilamina.

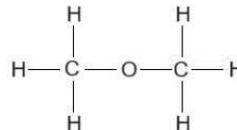
4. Os isômeros de fórmula C_5H_{12} podem ser pentano, metil-butano e dimetil-propano. Quanto maior o número de ramificações do isômero, menor é a sua temperatura de ebulição. Logo, a ordem crescente de temperatura de ebulição é: dimetil-propano < metil-butano < pentano.

5.

a)



etanol



metóxi-metano

b) O etanol possui átomo de oxigênio ligado diretamente a átomo de hidrogênio, logo, em seu estado líquido, ele apresenta ligações de hidrogênio entre as moléculas, o que faz sua temperatura de ebulição ser maior que a do metóxi-metano.

6.

a) A vitamina C é mais solúvel em água, pois apresenta maior número de grupos hidroxila, o que possibilita suas moléculas fazerem maior número de ligações de hidrogênio com a água.

b) A presença de átomos de oxigênio e de um número maior de grupos hidroxila, possibilitam à molécula de vitamina C fazer entre elas ligações dipolo-dipolo e um maior número de ligações de hidrogênio do as moléculas da vitamina A, exigindo maior quantidade de energia o rompimento de tais ligações.

7.

a) Sólido, pois sua temperatura de fusão está acima de 0 °C.

b) Sim, pois ocorrerá a formação de uma mistura heterogênea com duas fases. Numa delas, a glicerina fica dissolvida em água e, na outra, fica o eugenol que é insolúvel em água.

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. B 2. D 3. D 4. B 5. E 6. C 7. C 8. E 9. C 10. C 11. E 12. A
 13. C 14. D 15. D 16. A 17. C 18. C 19. A 20. D

UNIDADE 7

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. a substância II.

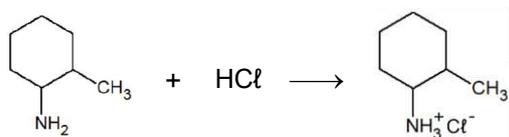
2.

a) A: 4-metil-fenol B: fenol C: 4-nitro-fenol

b) 4-metil-fenol < fenol < 4-nitro-fenol

3. O ácido trifluoroacético.

4.



5. A metilamina apresenta caráter alcalino, logo reage com o ácido acético presente no vinagre, o que provoca a diminuição da concentração de tal amina no peixe.

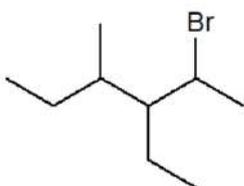
QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. C 2. D 3. A 4. A 5. E 6. C 7. A 8. D 9. C 10. B 11. C 12. D
 13. E 14. D 15. C 16. A 17. A 18. C 19. D 20. C

UNIDADE 8

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

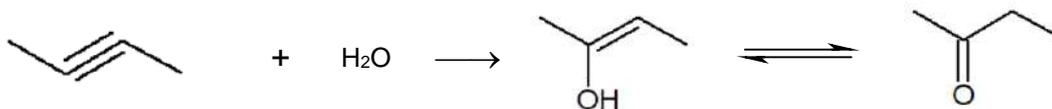
1.



Reagente: 3-etil-4-metil-hex-1-eno

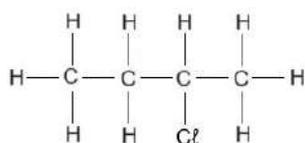
Produto: 2-bromo-3-etil-4-metil-hexano

2.

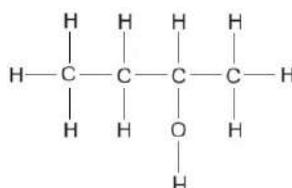


3.

Substância A:

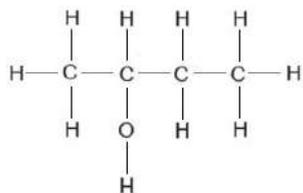


Substância B:

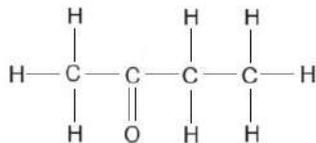


4.

Composto X:

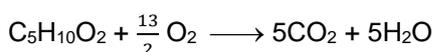


Composto Y:

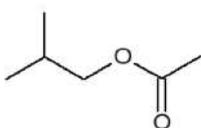


5.

O ácido pentanoico tem fórmula molecular $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$, então a equação química que corresponde a sua combustão completa é:



6.



QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. B 2. A 3. C 4. D 5. C 6. C 7. D 8. A 9. A 10. A 11. C 12. D
 13. A 14. A 15. C 16. A 17. B 18. A 19. E 20. B

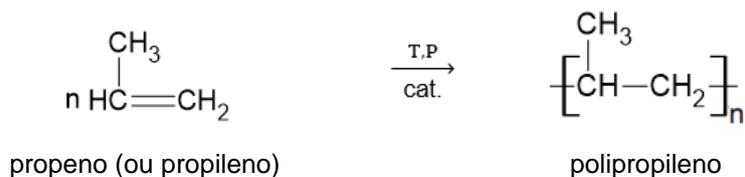
UNIDADE 9

TESTANDO SEUS CONHECIMENTOS

1. f e a

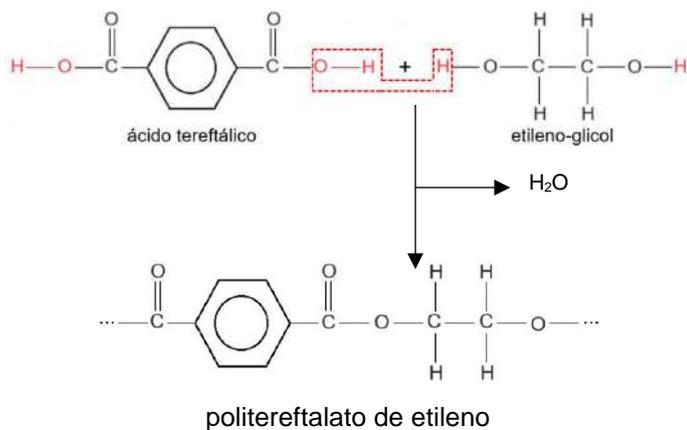
2. O gás metano pode ser obtido a partir de aterros sanitários, em virtude da atividade de bactérias presentes no lixo, e nos processos de extração e utilização de combustíveis fósseis.

3.



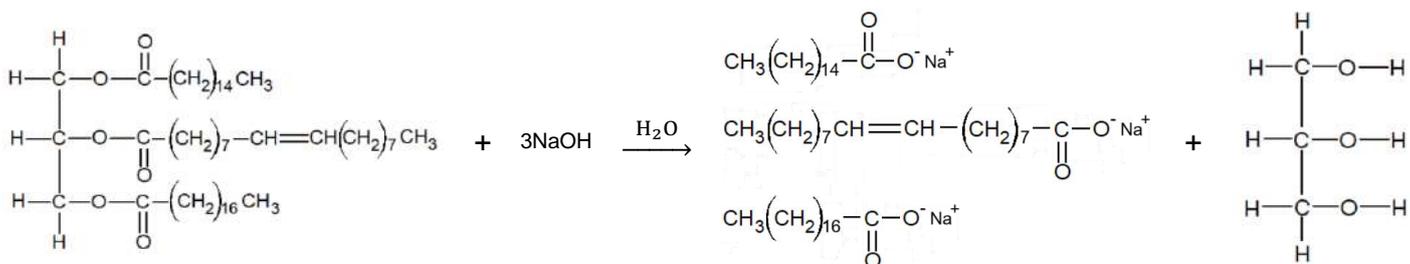
Polímero de adição.

4.



Polímero de condensação

5.



O sabão apresenta caráter polar e apolar. Dessa forma, consegue interagir com a água (polar) e com óleos e gorduras (apolares).

QUESTÕES DE VESTIBULAR

1. D 2. E 3. D 4. D 5. D 6. B 7. B 8. A 9. E 10. E 11. B 12. D
 13. D 14. D 15. B 16. E 17. B 18. C 19. B 20. D

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, A. B., SILVA, R. R. Xampus, **Química nova na escola**, São Paulo, novembro 1995.
- BARBOSA, L. C. A. **Introdução à química orgânica**. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.
- BATISTA, A., FARIA, F. L., BRONDANI, P. B. A Química do Petróleo: a utilização de vídeos para o ensino de Química no Nível Médio, **Química nova na escola**, São Paulo ,43, 237-245, agosto 2020.
- BRUCE, Paula Yurkanis. **Química Orgânica**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- CHASSOT, A. I. Alquimiando a Química, **Química nova na escola**, São Paulo ,1, 20-22, maio 1995.
- JUNIOR, A. I. D., SILVA, J.R.R.T. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: Análise da Aprendizagem de Alunos do Ensino Médio Segundo a Abordagem CTS, **Química nova na escola**, São Paulo, 38, 60-69, FEVEREIRO 2016.
- KOBE, K. A., McKETTA Jr., J.J., **Advances in Petroleum Chemistry and Refining**, vol.1, Interscience Publishers, Inc., New York, 1958.
- MATIAS, E. F. Proposta e análise de uma sequencia didática investigativa com foco no estudo das questões químicas e sociais relacionadas às bebidas alcoólicas. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2020.

- MORRISON, R. BOYD, R. Química Orgânica. 13 ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- OLIVEIRA, F. C. C., SUAREZ, P. A. Z. Biodiesel: Possibilidades e Desafios, **Química nova na escola**, São Paulo ,28, 3-8, maio 2008.
- SANTA MARIA, L. C., AMORIM, M. C. V., AGUIAR, M. R. M. P., SANTOS, Z. A. M., CASTRO, P. S. C. B. G., BALTHAZAR, R. G. Petróleo: um tema para o ensino de Química, **Química nova na escola**, São Paulo ,15, 19-23, maio 2002.
- SILVA, R. C. F., SOUZA, V. C. A. investigação das habilidades e competências trazidas nas questões de química do Enem 2009-2017 a partir da análise de conteúdo. Revista Ciências & Ideias, Vol.9, n.3, p.125-139, 2018.
- SOLOMONS, T.W. Graham; FRYHLE, Craig B. Química orgânica. V.1. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- TOLENTINO, M., ROCHA-FILHO, F. C. A Química no efeito estufa, **Química nova na escola**, São Paulo ,8, 10-14, novembro 1998.
- UCKLO, D. A. Química para as ciências da saúde. 2.ed. Manole, 1992.
- VERANI, C. N., GONÇALVES, D. R., NASCIMENTO, M.G. Sabões e detergentes como tema organizador de aprendizagens no ensino médio, **Química nova na escola**, São Paulo ,12, 15-19, novembro 2000.

Sítios da Internet: disponíveis em 04/12/2024.

- <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42498769>
- <https://minhasaude.proteste.org.br/escova-progressiva-teste-encontra-alta-concentracao-de-formol-em-produtos/>

CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,0	2 He 4,0	3 Li 7,0	4 Be 9,0	5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,0	11 Na 23,0	12 Mg 24,3	13 Al 27,0	14 Si 28,1	15 P 31,0	16 S 32,0	17 Cl 35,5	18 Ar 39,9
19 K 39,1	20 Ca 40,0	21 Sc 45,0	22 Ti 47,9	23 V 50,9	24 Cr 52,0	25 Mn 54,9	26 Fe 55,8	27 Co 58,9	28 Ni 58,7	29 Cu 63,5	30 Zn 65,4	31 Ga 69,7	32 Ge 72,6	33 As 74,9	34 Se 79,0	35 Br 79,9	36 Kr 83,8
37 Rb 85,5	38 Sr 87,6	39 Y 88,9	40 Zr 91,2	41 Nb 92,9	42 Mo 95,9	43 Tc (97)	44 Ru 101,0	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,6	52 Te 127,6	53 I 127,0	54 Xe 131,3
55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71 Série dos Lantanídeos	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,9	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,0	83 Bi 209,0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 Série dos Actinídeos	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (269)	107 Bh (270)	108 Hs (269)	109 Mt (276)	110 Ds (281)	111 Rg (282)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (290)	115 Mc (290)	116 Lv (292)	117 Ts (294)	118 Og (294)

Número Atômico	Eletronegatividade
SÍMBOLO	
Massa Atômica Aproximada	

SÉRIE DOS LANTANÍDIOS

57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm (145)	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 174,9
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

SÉRIE DOS ACTINÍDIOS

89 Ac (227)	90 Th 232,0	91 Pa 231	92 U 238,0	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)
-------------------	-------------------	-----------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Ordem crescente de energia dos subníveis : 1s 2s 2p 3s 3p 4s 4d 5s 4f 5d 6s 4f 6d 7p



Distribuição gratuita - comercialização proibida

ISBN 978-65-265-1647-8



9 786526 516478 >