

FRENTE

B

Extensivo



Fórmula da
Química

QUÍMICA ORGÂNICA



"Na vida, não existe nada a se temer, apenas a ser compreendido",

Marie Curie.



Fórmula da
Química

MÓDULO 5

INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA

CARACTERÍSTICAS DO ÁTOMO DE CARBONO

O átomo de carbono apresenta certas particularidades que o torna diferente dos demais elementos químicos. Esse fato foi percebido na metade do século XIX, inicialmente por Kekulé, e possibilitou uma melhor compreensão da estrutura das substâncias orgânicas. Dentre as características do átomo de carbono podemos citar:

- **É Tetravalente:**

O número atômico do carbono é 6, e sua configuração eletrônica apresenta dois elétrons no primeiro nível de energia e quatro elétrons no segundo. Tendo quatro elétrons de valência, o átomo de carbono os compartilha com quatro elétrons de outros átomos, para que se complete o octeto, atingindo-se a configuração estável. Formam-se, desse modo, quatro ligações covalentes. A tetravalência do carbono foi reconhecida em 1858 por Kekulé.

- **Forma Ligações Múltiplas:**

Um átomo de carbono pode estabelecer duas ou três ligações com um segundo átomo, formando, respectivamente, uma ligação dupla ou uma ligação tripla.

- **Liga-se a Várias Classes de Elementos Químicos:**

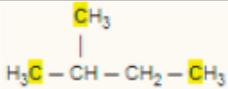
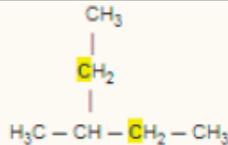
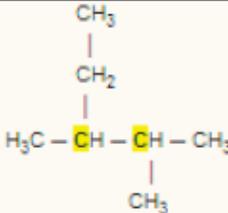
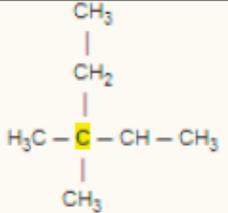
Não sendo muito eletronegativo nem muito eletropositivo, o carbono pode ligar-se ora a elementos eletropositivos (como o hidrogênio), ora a elementos eletronegativos (como o oxigênio).

- **Forma Cadeias:**

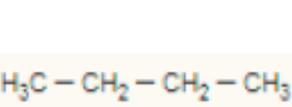
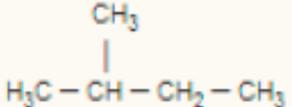
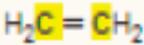
O átomo de carbono tem uma capacidade incrível de se ligar a outros átomos de carbono formando encadeamentos ou cadeias curtas ou longas e com as mais variadas disposições (esse fato é conhecido como terceiro postulado de Kekulé). São essas cadeias que irão constituir o “esqueleto” das moléculas das substâncias orgânicas.

CLASSIFICAÇÃO DE ÁTOMOS DE CARBONO

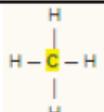
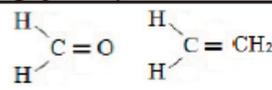
- Quanto à quantidade de carbonos ligados diretamente a ele:

<p>Carbono Primário</p> <p>São chamados assim todos os carbonos que se ligam a um ou nenhum outro carbono.</p> 	<p>Carbono Secundário</p> <p>Todos os carbonos que se ligam a dois outros carbonos.</p> 
<p>Carbono Terciário</p> <p>Todos os carbonos que se ligam a três outros carbonos.</p> 	<p>Carbono Quaternário</p> <p>Todos os carbonos que se ligam a quatro outros carbonos.</p> 

- Quanto ao tipo de ligação:

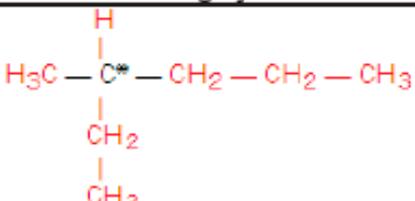
<p>Carbono Saturado</p> <p>São os carbonos que apenas realizam ligações covalentes simples com outros carbonos.</p>  
<p>Carbono Insaturado</p> <p>São aqueles que realizam ligações duplas ou triplas, ou seja, tem que ocorrer pelo menos uma ligação pi (π) entre carbonos.</p>  

- Quanto à hibridização:

Carbono sp^3	Carbono sp^2
Ocorre quando ele realiza apenas ligações simples, ou seja, apenas ligações sigma (σ).	Ocorre quando ele apresenta uma ligação dupla e duas ligações simples ou uma ligação pi (π) e três ligações sigma (σ). Na realidade, a hibridização sp^2 ocorre entre os átomos que estabelecem a ligação dupla.
	

Carbono sp
Acontece somente quando ele realiza duas ligações pi (π) e duas ligações sigma (σ). Há, nesse caso, então, duas possibilidades: o carbono pode fazer duas ligações duplas ou uma ligação simples e uma tripla.

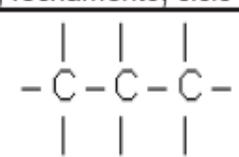

- Quanto à quiralidade

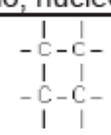
Carbono Quiral ou Assimétrico
São chamados de carbonos assimétricos os carbonos que fazem ligações com quatro ligantes diferentes. Ligantes são considerados toda a parte da cadeia que se estende de uma ligação.


Carbono Não Quiral ou Simétrico
Todo átomo de carbono que não seja assimétrico (ou quiral).

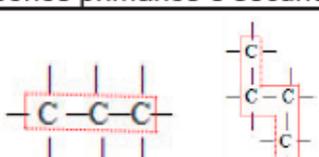
CLASSIFICAÇÃO DE CADEIAS CARBÔNICAS

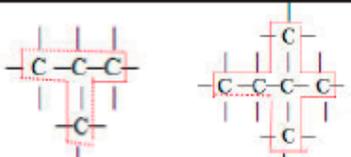
- Quanto ao fechamento da cadeia

Cadeia Aberta ou Acíclica
É aquela que possui pelo menos duas extremidades ou pontas, não há nenhum encadeamento, fechamento, ciclo ou anel nela.


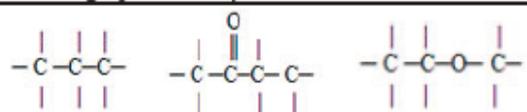
Cadeia Fechada ou Cíclica
Não possui extremidade ou ponta, seus átomos são unidos, fechando a cadeia e formando um encadeamento, ciclo, núcleo ou anel.


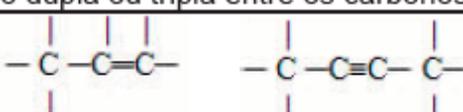
- Quanto a disposição dos átomos

Cadeia Normal
A cadeia possui apenas duas extremidades. Só existem carbonos primários e secundários.


Cadeia Ramificada
São as que possuem três ou mais extremidades, com carbonos terciários ou quaternários.


- Quanto aos tipos de ligações

Cadeia Saturada
Classificação dada para cadeias que possuem somente ligações simples entre os carbonos.


Cadeia Insaturada
Cadeias que possuem pelo menos uma ligação dupla ou tripla entre os carbonos.


- Quanto à natureza dos átomos

Cadeia Homogênea		
São aquelas que não possuem nenhum heteroátomo entre os carbonos, ou seja, essas cadeias são constituídas somente por carbonos.		

Cadeia Heterogênea	
Nesse caso há algum heteroátomo entre os carbonos, que normalmente são o oxigênio (O), o nitrogênio (N), o fósforo (P) ou o enxofre (S).	

- Quanto ao aparecimento de um anel aromático na cadeia carbônica

Cadeia Aromática	
Apresentam em sua estrutura pelo menos um anel benzênico, também denominado anel aromático (C ₆ H ₆).	

Cadeia Não Aromática	
São as cadeias fechadas que não apresentam anel benzênico em sua estrutura.	



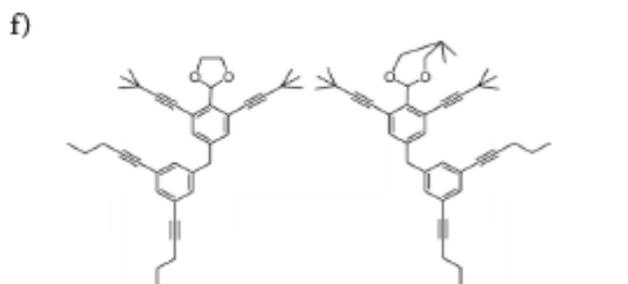
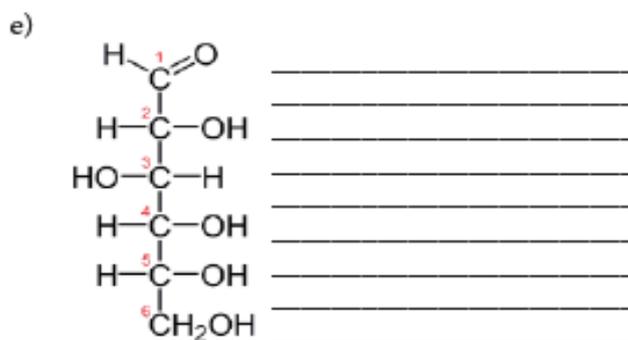
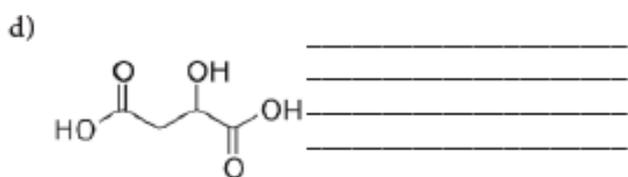
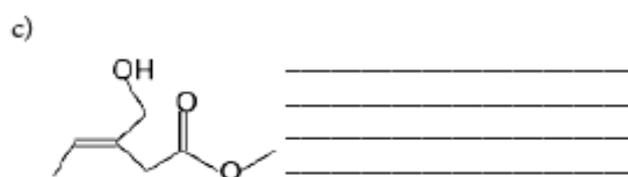
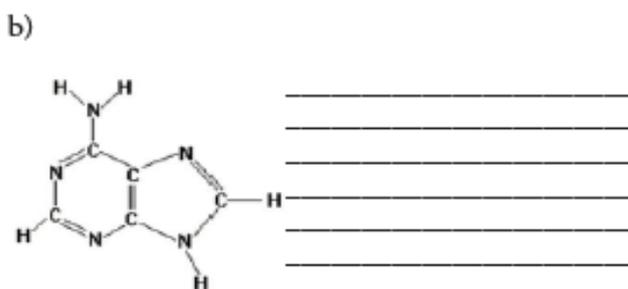
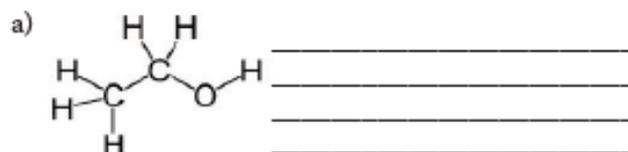
QUESTÕES DE REVISÃO



01. (Fórmula da Química)

Classifique as cadeias carbônicas e assinale com asteriscos os átomos de carbono quiral.

Classifique as cadeias carbônicas e assinale com asteriscos os átomos de carbono quiral.



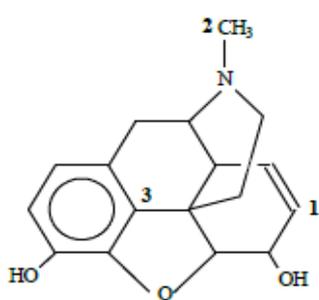


QUESTÕES DE REVISÃO



02. (Efei SP)

A morfina, uma droga utilizada em tratamento de câncer, tem a fórmula estrutural:

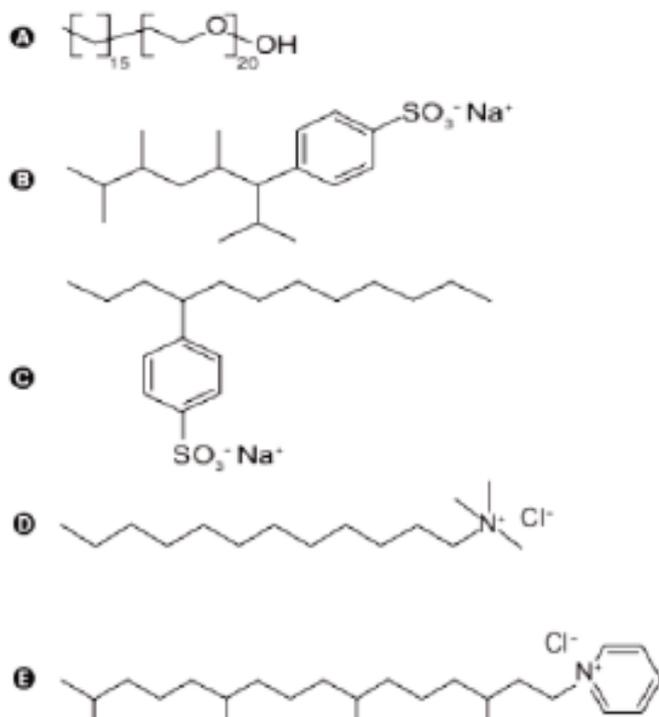


Os carbonos assinalados possuem hibridização, respectivamente:

- A) 1-sp² ; 2-sp³ ; 3-sp²
- B) 1-sp ; 2-sp³ ; 3-sp³
- C) 1-sp² ; 2-sp ; 3-sp² .
- D) 1-sp ; 2-sp³ ; 3-sp³

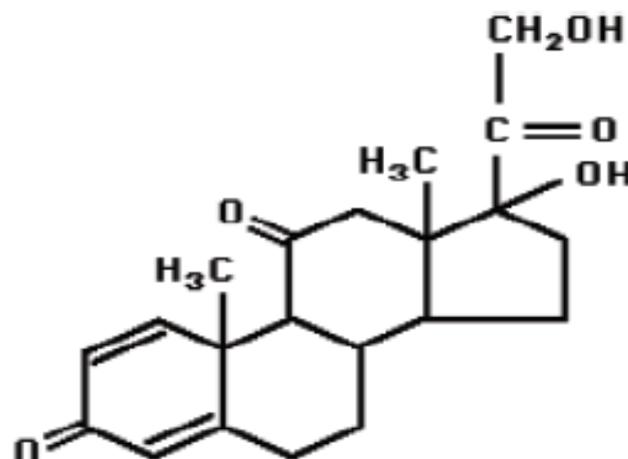
03. (ENEM 2018)

Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfílico. 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. Qual a fórmula estrutural do tensoativo persistente no ambiente mencionado no texto?



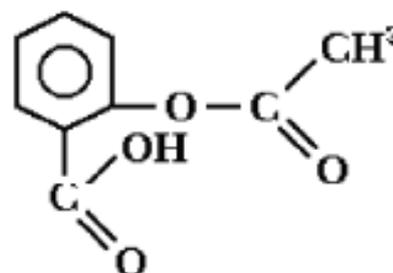
04.

A PREDNISONA é um glicocorticoide sintético de potente ação anti-reumática, antiinflamatória e antialérgica. Escreva a fórmula estrutural e molecular da molécula abaixo:



05.

O ácido acetil salicílico de fórmula:

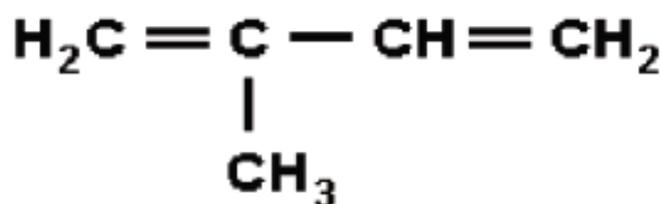


Um analgésico de diversos nomes comerciais (AAS, Aspirina, Buferin e outros), apresenta cadeia carbônica:

- A) acíclica, heterogênea, saturada, ramificada
- B) mista, heterogênea, insaturada, aromática
- C) mista, homogênea, saturada, alicíclica
- D) aberta, heterogênea, saturada, aromática
- E) mista, homogênea, insaturada, aromática

06.

A borracha natural é um líquido branco e leitoso, extraído da seringueira, conhecido como látex. O monômero que origina a borracha natural é o metil-1, 3-butadieno



, do qual é correto afirmar que:



QUESTÕES DE REVISÃO



- A) é um hidrocarboneto de cadeia saturada e ramificada.
B) é um hidrocarboneto aromático.
C) tem fórmula molecular C_4H_5
D) apresenta dois carbonos terciários, um carbono secundário e dois carbonos primários.
E) é um hidrocarboneto insaturado de fórmula molecular C_5H_8 .

07.

Um grupo de compostos, denominado ácidos graxos, constitui a mais importante fonte de energia na dieta do Homem. Um exemplo destes é o ácido linoleico, presente no leite humano. A sua fórmula é:



Sua cadeia carbônica é classificada como:

- A) Aberta, normal, saturada e homogênea.
B) Aberta, normal, insaturada e heterogênea.
C) Aberta, ramificada, insaturada e heterogênea.
D) Aberta, ramificada, saturada e homogênea.
E) Aberta, normal, insaturada e homogênea.

09.

“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

antraceno

naftaleno

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} , $C_{2}H_{10}$, $C_{18}H_{18}$
C) C_6H_6 , $C_{14}H_{10}$, $C_{10}H_{10}$
D) C_6H_6 , $C_{14}H_{10}$, $C_{14}H_9$
E) C_6H_6 , $C_{14}H_{10}$, $C_{10}H_8$

09.

Assinale a única alternativa verdadeira:

- A) Cadeia ramificada é aquela que apresenta um heteroátomo ligado a um carbono secundário;
B) Cadeia normal é aquela que não apresenta ligação dupla entre carbonos;
C) Cadeia insaturada é aquela que apresenta ligação tripla entre carbonos;
D) Cadeia saturada é aquela em que pelo menos a metade do número de carbonos está ligada a um heteroátomo;
E) Cadeia cíclica é aquela que não forma um ciclo de carbonos.

10.

Escreva a fórmula estrutural deste composto: $CH_3CH_2CH_2CCCH_2CH_3$ e diga quantas ligações existem:

- A) Duas ligações simples e quatro duplas;
B) Quinze ligações simples e três duplas;
C) Dezesete ligações simples e uma ligação tripla;
D) Quinze ligações simples e duas ligações triplas;
E) Dezesete ligações simples e uma ligação dupla.

11.

No composto CH_2CHCH_2CCH existem:

- A) Duas ligações dupla e quatro tripla;
B) Quinze ligações simples e três dupla;
C) Dezoito ligações simples, uma dupla e uma tripla;
D) Oito ligações simples, uma dupla e uma tripla;
E) Oito ligações simples e três ligações duplas.

12. (CMMG-2002)

Em relação às cadeias carbônicas abertas com mais de três átomos de carbono, assinale a alternativa INCORRETA.

- A) As cadeias que não possuem ramificações são normais.
B) Nessas cadeias, os átomos de carbono podem estar em linha reta.
C) Entre os átomos de carbono dessas cadeias podem existir ligações duplas.
D) Os átomos de carbono dessas cadeias podem estar ligados a outros átomos além do hidrogênio.



Fórmula da
Química

MÓDULO 6

HIDROCARBONETOS

HIDROCARBONETOS

São substâncias orgânicas moleculares apolares formadas exclusivamente por carbono e hidrogênio.

CLASSES DE HIDROCARBONETOS

- Alcano
- Alcenos ou alquenos
- Alcinos ou alquinos
- Cicloalcanos
- Cicloalquenos.
- Hidrocarbonetos aromáticos.

ALCANOS

São hidrocarbonetos formados por moléculas que possuem cadeias carbônicas saturadas e abertas. Possuem fórmula geral C_nH_{2n+2} . Sua principal fonte é o petróleo.

Observe as representações das estruturas de algumas moléculas de alcanos:



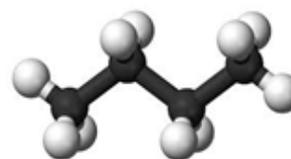
Metano



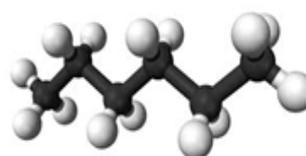
Etano



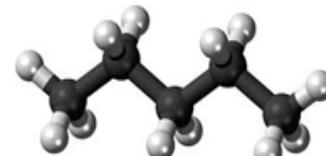
Propano



Butano



Hexano



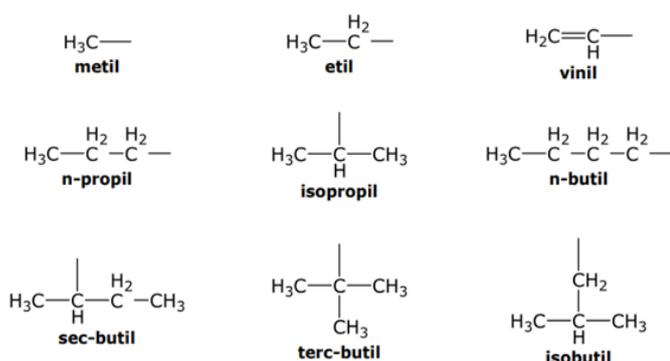
Pentano

• PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALCANOS:

- O aumento da cadeia carbônica dos alcanos promove aumento das temperaturas de fusão e ebulição. Isso ocorre devido à intensificação das interações intermoleculares dipolo instantâneo-dipolo induzido.
- Os alcanos de cadeias carbônicas não ramificadas com até 4 átomos de carbono são gasosos, aqueles que têm de 5 até 17 átomos de carbono são líquidos e os que apresentam 18 ou mais átomos de carbono são sólidos.
- Os alcanos líquidos são menos densos que a água líquida.
- Os alcanos são substâncias insolúveis em água e solúveis em solventes apolares pelo fato de serem substâncias moleculares apolares.

Alcanos				
NOME	FÓRMULA	P.F (°C)	P.E (°C)	DENSIDADE (g/mL a 20°C)
Metano	CH ₄	-183	-162	
Etano	CH ₃ CH ₃	-172	-88,5	
Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	-187	-42	
Butano	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃	-138	0	
Pentano	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	-130	36	0,626
Hexano	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	-95	69	0,659
Heptano	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	-90,5	98	0,684
Octano	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	-57	126	0,703
Nonano	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH ₃	-54	151	0,718
Decano	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	-30	174	0,730
Undecano	CH ₃ (CH ₂) ₉ CH ₃	-26	196	0,740
Dodecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	-10	216	0,749
Tridecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ CH ₃	-6	234	0,757
Tetradecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ CH ₃	5,5	252	0,764
Pentadecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ CH ₃	10	266	0,769
Hexadecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ CH ₃	18	280	0,775
Heptadecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ CH ₃	22	292	
Octadecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ CH ₃	28	308	
Nonadecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ CH ₃	32	320	
Icosano (Eicosano)	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ CH ₃	36		

• **RADICAIS ORGÂNICOS DERIVADOS DOS ALCANOS:**



Observações:

- Os radicais n-propil e n-butil são também denominados propil e butil, respectivamente.
- Em 2013, a IUPAC propôs novas regras para nomear alguns radicais orgânicos derivados dos alcanos. Veja as orientações:

1. Propil: propan-1-il.
2. Isopropil: propan-2-il.
3. Butil: butan-1-il.
4. Sec-butil: butan-2-il.
5. Isobutil: 2-metilpropan-1-il.
6. Tercbutil: 2-metilpropan-2-il.

• **REGRAS DA IUPAC PARA A NOMENCLATURA DOS ALCANOS:**

A nomenclatura oficial para os alcanos segue uma regra fixa estabelecida pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Observe o funcionamento das normas:

Regra 1: Determine a cadeia principal e seu nome (cadeia principal é a maior seqüência de átomos de carbono);

Regra 2: Escolha o prefixo de acordo com o número de carbonos, sendo que:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1 carbono - MET | 6 carbonos - HEX |
| 2 carbonos - ET | 7 carbonos - HEPT |
| 3 carbonos - PROP | 8 carbonos - OCT |
| 4 carbonos - BUT | 9 carbonos - NON |
| 5 carbonos - PENT | 10 carbonos - DEC |

Regra 3: O membro intermediário do nome será a sigla: an.

Regra 4: O Sufixo da nomenclatura será a letra o.

Regra 5: Se a cadeia carbônica for ramificada, deve-se escolher a cadeia principal que é aquela que possui maior número de átomos de carbono.

Regra 6: Se duas cadeias carbônicas possuem o mesmo número de átomos de carbono, a cadeia principal é a que possui maior número de ramificações.

Regra 7: Identificar os radicais ligados à cadeia principal.

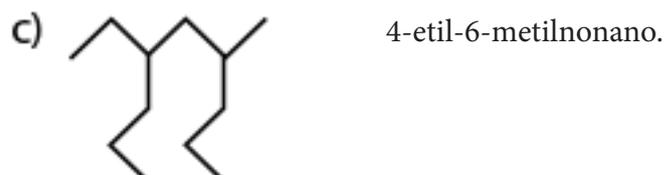
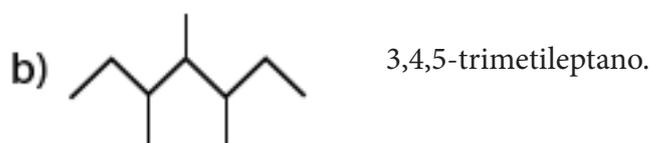
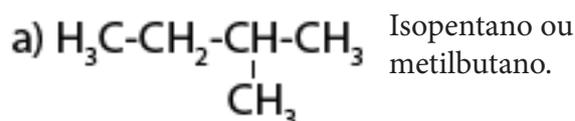
Regra 8: Numerar a cadeia principal.

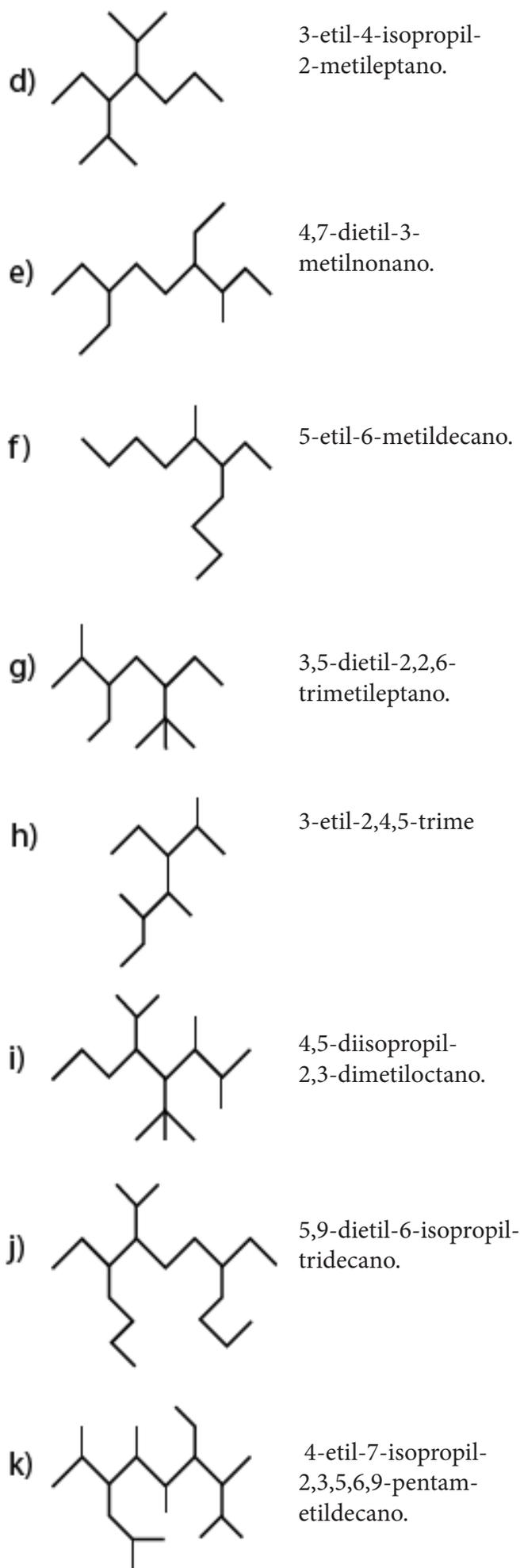
A cadeia principal deve ser numerada sempre de forma que seja dado o menor número possível aos carbonos que estão ligados aos radicais. Além disso, a numeração deve iniciar-se pela extremidade mais próxima dos radicais.

Regra 9: Nomear a estrutura.

Por último, basta dar o nome da estrutura a partir da posição e do nome das ramificações, em ordem alfabética.

• **EXEMPLOS**





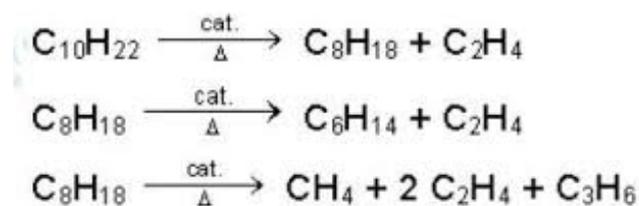
• CRAQUEAMENTO DO PETRÓLEO

O craqueamento catalítico é um processo de refino do petróleo utilizado para aumentar a produção de gasolina e GLP de uma refinaria através da conversão de frações pesadas, provenientes da destilação do petróleo (gasóleo e resíduos), em frações mais leves. Este processo é largamente utilizado em todo o mundo, uma vez que a demanda de gasolina em vários países é superior á dos óleos combustíveis.

O craqueamento catalítico corrige o déficit da produção de gasolina e GLP, suplementando a diferença entre a quantidade obtida diretamente do petróleo e a requerida pelo mercado mundial crescente. O processo de refino de hidrocarbonetos, que consiste em quebrar as moléculas maiores e mais complexas em moléculas mais simples e leves, com o objetivo de aumentar a proporção dos produtos mais leves e voláteis.

Há dois tipos de craqueamento: térmico, feito pela aplicação de calor e pressão, e catalítico, que utiliza catalisadores para permitir, a igual temperatura, transformação mais profunda e bem dirigida de frações que podem ser mais pesadas.

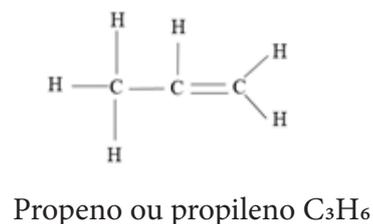
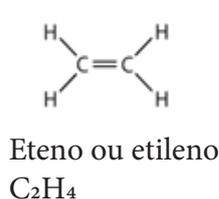
As equações abaixo representam processos de craqueamento de alcanos derivados do petróleo :



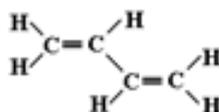
ALQUENOS

São hidrocarbonetos formados por moléculas que apresentam ligação covalente dupla entre átomos de carbono. Os alcenos são também conhecidos como olefinas. Possuem fórmulas gerais:

- Com uma ligação covalente dupla: C_nH_{2n} .



Com duas ligações covalentes duplas (alcadienos): C_nH_{2n-2} .



Buta-1,3-dieno
 C_4H_6

Resumindo: a presença de uma ligação covalente implica em dois átomos de hidrogênio a menos em relação ao alcano correspondente.

• **PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALQUENOS:**

Alqueno	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Densidade (g/mL)
Eteno	- 169	- 103,7	-
Propeno	- 185	- 48	-
But-1-eno	- 185,3	- 6,5	-
Pent-1-eno	- 165	30	0,641
Hex-1-eno	- 98,5	63,5	0,673
Hept-1-eno	- 119,2	93,6	0,697
Oct-1-eno	- 102	121,3	0,715
Non-1-eno	- 81,7	147	0,773

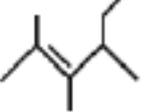
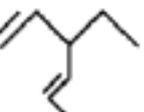
Considerações sobre as propriedades físicas dos alquenos de cadeias carbônicas normais:

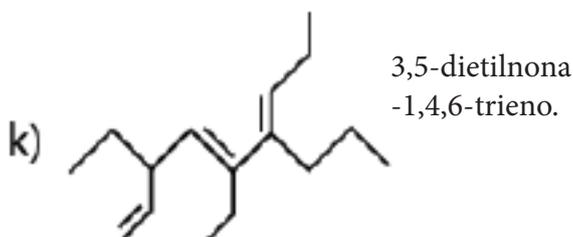
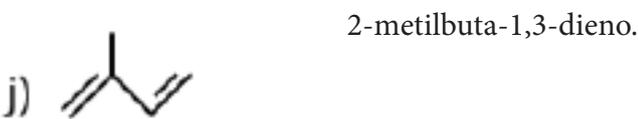
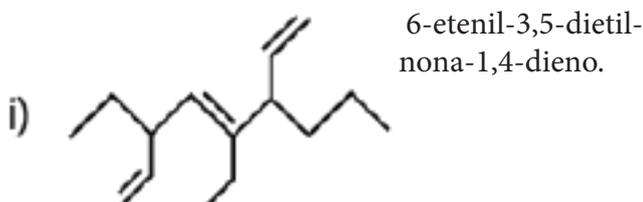
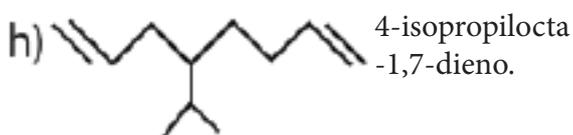
- Os alcenos são substâncias moleculares apolares.
- Quando os tamanhos das cadeias carbônicas de suas moléculas aumentam, se intensificam as forças atrativas entre elas, do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido, promovendo aumentos das temperaturas de fusão e de ebulição.
- Os alquenos com até 4 átomos de carbono são gasosos nas condições ambientes. Com 5 até 17 átomos de carbono em cada molécula são líquidos e com 18 ou mais átomos de carbono são sólidos.
- Os alquenos líquidos são menos densos que a água líquida.
- Os alcenos são insolúveis em água e solúveis em solventes apolares.

• **REGRAS DA IUPAC PARA A NOMENCLATURA DOS ALQUENOS:**

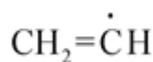
- Escolher a cadeia principal que possua maior número de átomos de carbono que contenha a dupla ligação.
- Numerar a cadeia principal começando na extremidade mais próxima da dupla ligação.
- Dar a localização das ramificações, seguida dos nomes dos seus radicais e, em seguida, coloca-se o nome do prefixo, a terminação em , a posição da dupla e, por fim, a terminação.

• EXEMPLOS

- a) $H_2C=C_2H$ Eteno ou etileno.
- b) $H_2C=CH-CH_3$ Propeno ou propileno.
- c)  Pent-2-eno.
- d)  4-metil-pent-1-eno.
- e)  2,3,4-trimetilex-2-eno.
- f)  2-etil-3-metilbut-1-eno.
- g)  3-etilexa-1,4-dieno.



• ALGUNS RADICAIS DERIVADOS DOS ALQUENOS



Etenil ou vinil



Propen-3-il ou alil

ALQUINOS

São hidrocarbonetos formados por moléculas que apresentam ligação covalente tripla entre átomos de carbono presentes em suas moléculas. O alcino mais simples é o etino, também conhecido como acetileno. Possui fórmula molecular C_2H_2 . É um gás utilizado como combustível em maçaricos oxiacetilênicos, equipamentos presentes no processo da solda industrial de estruturas metálicas.

• PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ALQUINOS:

Alcino	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Densidade
Etino ou acetileno	- 82	- 75	-
Propino	- 101	- 23	-
But-1-ino	- 122	9	-
Pent-1-ino	- 98	40	0,695
Hex-3-ino	- 124	81	0,723

Considerações sobre as propriedades físicas dos alcinos:

- São substâncias moleculares apolares.
- São insolúveis em água.
- O aumento de suas cadeias carbônicas promove elevação das temperaturas de ebulição em decorrência da formação das interações entre moléculas, denominadas forças dipolo instantâneo-dipolo induzido, cada vez mais intensas.
- Os alcinos com até 4 átomos de carbono são gasosos, com 5 a 17 átomos de carbono são líquidos e com 18 ou mais são sólidos.
- Os alcinos líquidos são menos solúveis em água.

- **REGRAS DA IUPAC PARA A NOMENCLATURA DOS ALQUINOS:**
- Os nomes sistemáticos dos alquinos de cadeias normais são construídos da seguinte forma:

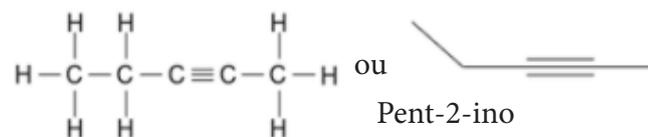
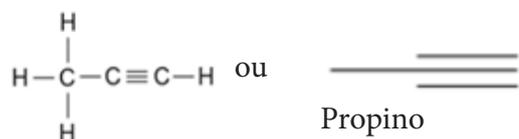
PREFIXO + INFIXO + TERMINAÇÃO

(Indica o número de átomos de carbono) (in) (o)

- No caso dos alcinos com cadeias carbônicas ramificadas, inicialmente deve-se escolher a cadeia principal que possui maior número de átomos de carbono e a ligação covalente tripla. A cadeia principal deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima da ligação covalente tripla.
- Deve-se indicar as posições das ramificações, obedecendo ordem alfabética

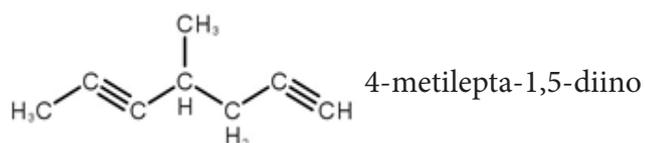
- **EXEMPLOS**

$\text{HC} \equiv \text{CH}$ Etino ou acetileno



$(\text{CH}_3)_2\text{CHC} \equiv \text{CH}$ 3-metilbut-1-ino

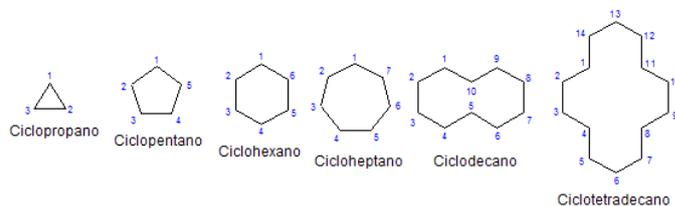
$\text{H}_3\text{CCH}=\text{CHC} \equiv \text{CH}$ Pent-2-en-4-ino



CICLOALCANOS

São hidrocarbonetos que possuem moléculas com cadeias carbônicas saturadas e cíclicas.

- **CICLOALCANOS IMPORTANTES:**



- **TEORIA DAS TENSÕES DOS ANÉIS DE BAYER**

De modo geral, quando um átomo de carbono se encontra ligado a quatro outros átomos de carbono, o ângulo entre duas ligações quaisquer é de $109^\circ 5'$ (geometria tetraédrica). Segundo Adolf Von Baeyer, em alguns ciclanos, um dos ângulos de ligação, em cada átomo de carbono, não possui o valor normal do ângulo tetraédrico, pois estas ligações são forçadas a se comprimir, de modo a fechar o ciclo. Assim, o ciclopropano é um triângulo equilátero, com ângulos de 60° , e o ciclobutano é um quadrado, com ângulos de 90° .

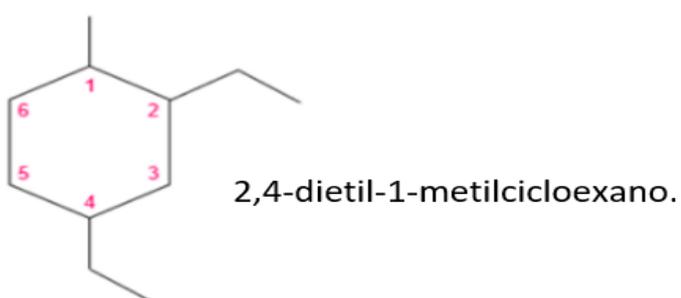
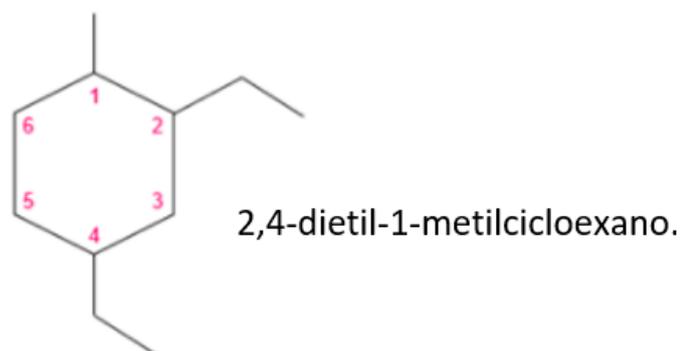
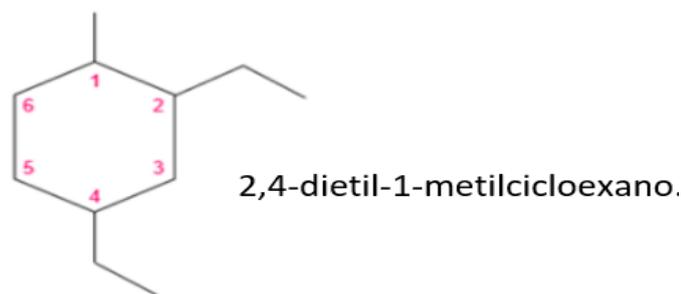
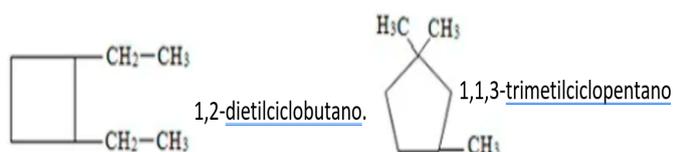
Devido ao fator de o valor do ângulo de ligação entre os carbonos no ciclo diferir do valor normal tetraédrico, existe nessas moléculas uma certa tensão, e daí resulta serem elas instáveis, em comparação com as moléculas cujos ângulos de ligação são tetraédricos.

- **REGRAS IUPAC PARA NOMENCLATURA PARA CICLOALCANOS RAMIFICADOS**

No caso do cicloalcano possuir apenas uma ramificação, basta indicar o nome da ramificação, seguido do nome do cicloalcano não ramificado de origem:



Se houver mais de uma ramificação, enumera-se a cadeia lembrando que é preciso partir da ramificação baseando-se na ordem alfabética e de modo que as ramificações sejam citadas com os menores números possíveis



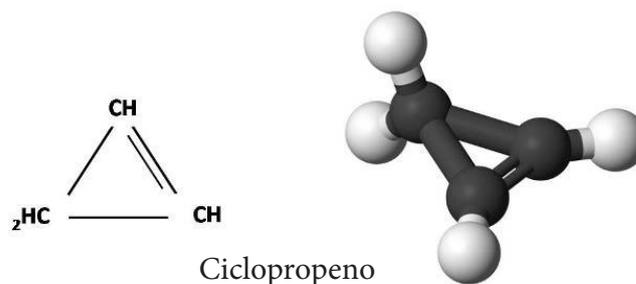
CICLOALQUENOS

São hidrocarbonetos formados por moléculas com cadeias carbônicas fechadas e insaturadas pela presença de ligações covalentes dupla.

REGRAS DA IUPAC PARA A NOMENCLATURA DOS CICLOALQUENOS:

Para nomear os cicloalcenos, as normas de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) devem ser levadas em consideração:

- Cicloalcano com uma ligação dupla única e sem substituintes alquil ou radical.

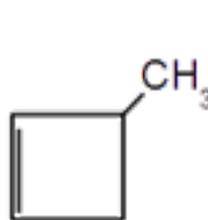


- Cicloalcenos com duas ou mais ligações duplas e sem substituintes alquil ou radical

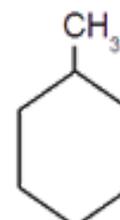


Ciclobuta-1,3-dieno Ciclopenta-1,3-dieno Ciclohepta-1,3,5-trieno

- Cicloalcenos com substituintes alquil
Com um substituinte alquil.

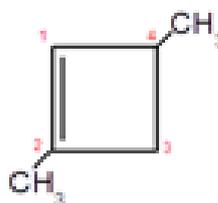


3-metilciclobuteno

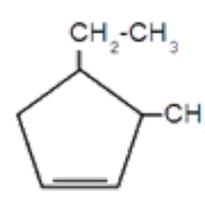


3-metilcicloexeno

Com mais de um substituinte alquil



1,3-dimetilciclobuteno



4-etil-3-metilciclopenteno

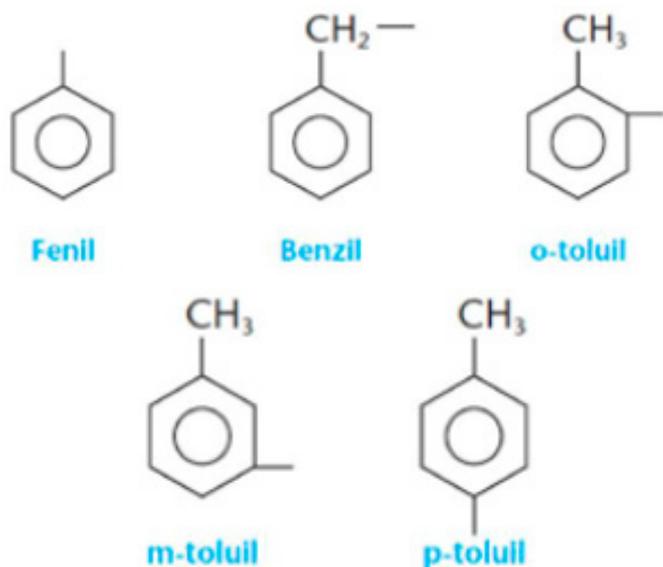
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS

São hidrocarbonetos formados por moléculas com cadeias carbônicas fechadas, planas, com a presença de ligações covalentes dupla alternadas.

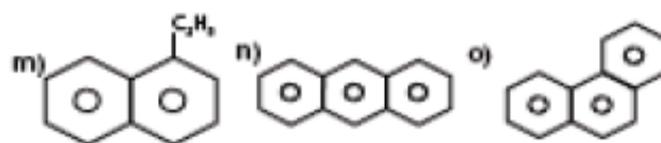
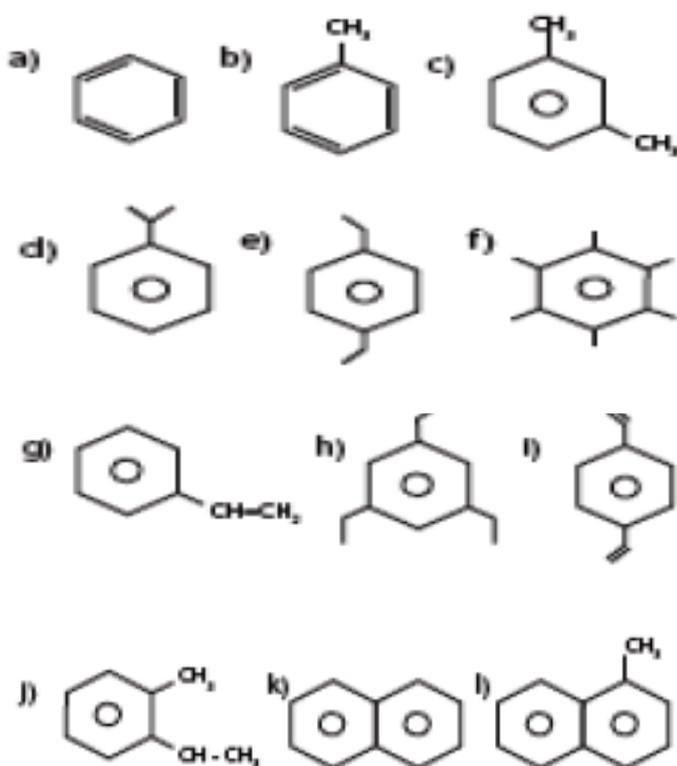
• REGRAS DA IUPAC PARA A NOMENCLATURA DOS HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS:

A nomenclatura dos hidrocarbonetos aromáticos não segue uma norma fixa e vários destes compostos possuem nomes próprios. No entanto, a maioria deles é nomeado de acordo com os mesmos termos usados nas demais nomenclaturas: radicais, prefixos, infixos e sufixos. Grande parte destes compostos tem como cadeia principal o benzeno.

• Radicais derivados dos compostos aromáticos



• EXEMPLOS



- a) Benzeno
- b) Tolueno ou metilbenzeno.
- c) 1,3-dimetilbenzeno ou m-dimetilbenzeno ou 1,3-xileno.
- d) Isopropilbenzeno.
- e) 1,4-dietilbenzeno ou p-dietilbenzeno.
- f) Hexametilbenzeno.
- g) Etenilbenzeno ou vinil benzeno ou estireno.
- h) 1,3,5-trietilbenzeno.
- i) 1,4-dietenilbenzeno ou 1,4-divinilbenzeno ou p-divinilbenzeno.
- j) 1-etil-2-metilbenzeno ou o-etilmetilbenzeno.
- k) naftaleno.
- l) 1-metilnaftaleno ou α -metilnaftaleno.
- m) 1-etilnaftaleno ou α -etilnaftaleno.
- n) Antraceno.
- o) Fenantreno.

• AROMATICIDADE

Os compostos aromáticos são definidos como aromaticidade, uma propriedade química apresentada por estruturas em formatos de anéis, conjugados de ligações insaturadas, orbitais vazios ou pares de elétrons isolados. O químico alemão August Wilhelm Von Hoffman, em 1855 foi o primeiro a usar o termo aromaticidade, ao isolar substâncias de odor (cheiro) agradável de algumas plantas.

O termo aromaticidade nem sempre está relacionado ao cheiro dos compostos, mesmo que a maioria dos compostos aromáticos sejam constituídos de carbono, porém, isto não significa ser uma propriedade exclusiva de um grupo de hidrocarbonetos. Sua ocorrência se deve ao movimento de elétrons livres por arranjos circulares de átomos, estabelecendo entre si uma ligação dupla e uma ligação simples, alternadamente entre eles.

• REGRA DE HÜCKEL

O físico-químico alemão, Erick Hückel desenvolveu a regra de Hückel, informando que para um composto cíclico e planar seja de fato aromático, é importante ter uma nuvem de elétrons conjugados, isto é, $4n + 2$ elétrons π , sendo n um número inteiro, o elétron π , pode participar de ligações duplas e triplas, não compartilhados e ainda de cargas negativas.



Não aromático



Aromático

$$\left[\begin{array}{l} 4n+2=6\text{é} \\ n=1 \end{array} \right]$$

Segue a
regra de Huckel

• FONTES NATURAIS DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS

A principal fonte de obtenção natural dos aromáticos é o alcatrão de hulha. A hulha é um tipo de carvão mineral formado pela fossilização ao longo de milhares de anos da madeira soterrada em camadas profundas da Terra. Esse tipo de carvão é bastante rico em carbono. Quando a hulha passa por um processo de destilação seca, ela origina três frações de importante uso comercial. A fração líquida é formada pelas águas amoniacais e pelo alcatrão de hulha, que é um líquido preto composto por uma mistura de hidrocarbonetos aromáticos. Além do benzeno, outros compostos aromáticos obtidos no alcatrão de hulha são o tolueno, fenol, naftaleno, entre outros.

Destilação fracionada do Alcatrão da Hulha

Fração	Constituição
Óleo leve – 2%	Benzeno, tolueno, xileno, etc.
Óleo médio – 12%	Fenol, cresóis, etc.
Óleo pesado – 10%	Naftaleno e seus derivados.
Óleo de antraceno – 25%	Antraceno, fenentreno, carbazol, criseno, etc.
Piche – 51%	Hidrocarbonetos de massa molar elevada.



QUESTÕES DE REVISÃO



01. (PUC-PR)

Alcinos são hidrocarbonetos:

- alifáticos saturados.
- alícíclicos saturados.
- alifáticos insaturados com dupla ligação.
- alícíclicos insaturados com tripla ligação.
- alifáticos insaturados com tripla ligação.

02. (UFSCar)

Considere as afirmações seguintes sobre hidrocarbonetos.

- Hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos somente de carbono e hidrogênio.
- São chamados de alcenos somente os hidrocarbonetos insaturados de cadeia linear.
- Cicloalcanos são hidrocarbonetos alifáticos saturados de fórmula geral C_nH_{2n} .
- São hidrocarbonetos aromáticos: bromobenzeno, p-nitrotolueno e naftaleno.

São corretas as afirmações:

- I e III, apenas.
- I, III e IV, apenas.
- II e III, apenas.
- III e IV, apenas.
- I, II e IV, apenas.

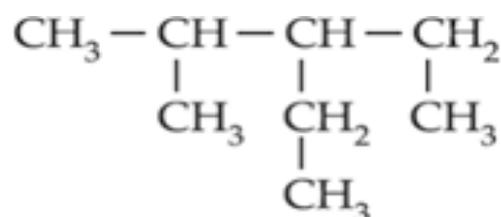
03. (UNIFOR)

O 2-metilpent-2-eno tem fórmula molecular:

- C_6H_{12} .
- C_6H_{10} .
- C_5H_{12} .
- C_5H_{10} .
- C_5H_8 .

04. (PUC-RS)

O composto orgânico representado a seguir:





QUESTÕES DE REVISÃO

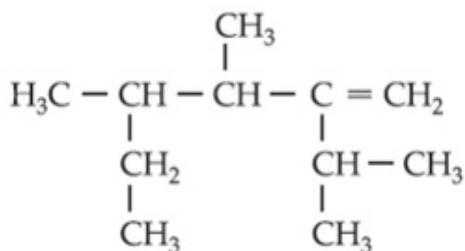


é denominado:

- A) 3-etil-2,4-dimetilbutano
- B) 2-etil-1,3-dimetilbutano.
- C) 3-isopropilpentano.
- D) 3-etil-4-metilpentano.
- E) 3-etil-2-metilpentano

05. (Mackenzie-SP)

Sobre o composto cuja fórmula estrutural é dada abaixo, fazem-se as afirmações:

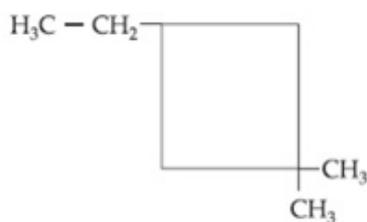


- I) É um alceno.
 - II) Possui três ramificações diferentes entre si, ligadas à cadeia principal.
 - III) Apesar de ter fórmula molecular C₁₁H₂₂, não é um hidrocarboneto.
 - IV) Possui no total quatro carbonos terciários.
- São corretas:

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

06. (UFRN-RN)

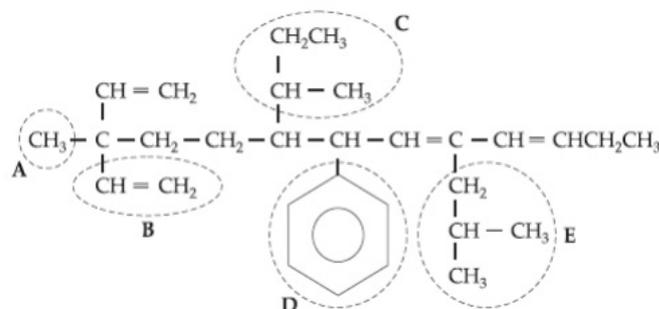
A nomenclatura oficial (IUPAC) do composto é:



- A) 3-etil-1-metilciclobutano.
- B) 3-etil-1,1-dimetilciclobutano.
- C) 3,3-dimetil-1-etilbutano.
- D) 3-etil-1,1-metilbutano.
- E) 3-etil-1,1-dimetilbutano.

07. (Fórmula da Química)

Considere o composto hipotético a seguir

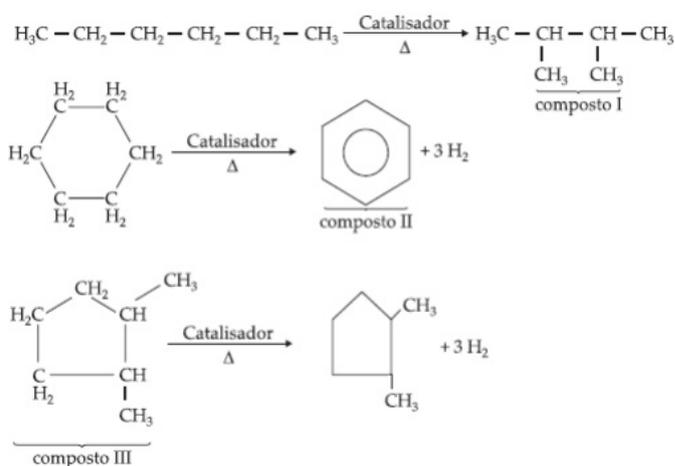


A opção que indica, respectivamente, o nome dos radicais assina lados A, B, C, D e E é:

- A) metil, alil, sec-butil, fenil e isopropil.
- B) metil, vinil, sec-butil, fenil e isobutil.
- C) metil, alil, isobutil, benzil e sec-butil.
- D) etil, vinil, isobutil, fenil e sec-butil.
- E) metil, vinil, sec-butil, benzil e isobutil.

08. (FEI-SP)

Antidetonantes são substâncias que elevam sensivelmente a octanagem da gasolina. Nas refinarias modernas, esses antidetonantes são obtidos no próprio craqueamento catalítico. Três exemplos desse processo são:



Os nomes oficiais dos compostos I, II e III são, respectivamente:

- A) 2-metilpentano; benzeno; benzeno.
- B) 2,3-dimetilbutano; tolueno; 1,1-dimetilciclopentano.
- C) 2,2-dimetilciclobutano; tolueno; benzeno.
- D) 2,2-dimetilbutano; benzeno; 1,2-dimetilciclopentano.
- E) 2,3-dimetilbutano; benzeno; 1,2-dimetilciclopentano.

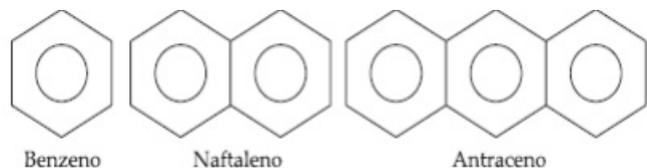


QUESTÕES DE REVISÃO



09. (Uerj-RJ)

“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 o benzeno, naftaleno e antraceno.

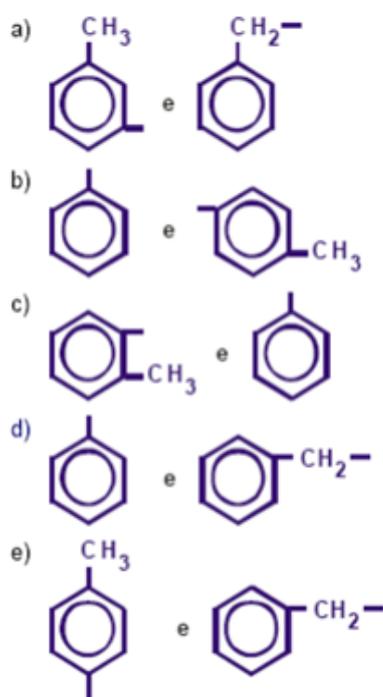


As fórmulas moleculares dos três hidrocarbonetos citados são, respectivamente:

- 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 , $C_{10}H_8$, $C_{14}H_{10}$

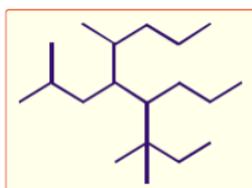
10. (UECE-CE)

O radical derivado do benzeno chama-se fenil, enquanto benzil é o radical derivado do tolueno. Esses dois radicais apresentam as seguintes estruturas:



11. (UFF-RJ)

Analise a estrutura seguinte e considere as regras de nomenclatura IUPAC.

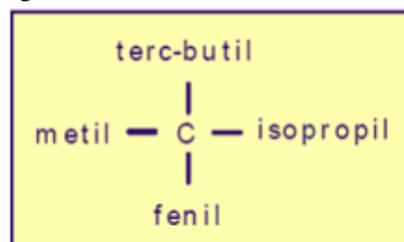


Assinale a opção que indica as cadeias laterais ligadas, respectivamente, aos carbonos de números 4 e 5 da cadeia hidrocarbônica principal:

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

12. (PUC-PR)

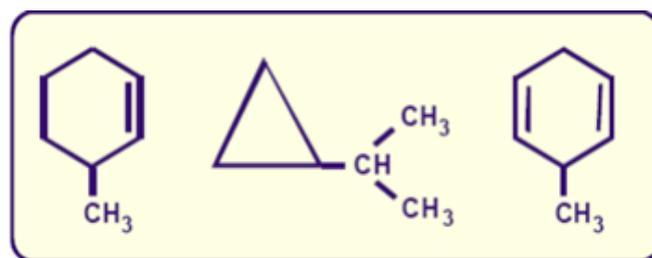
O composto abaixo, apresenta, como nomenclatura oficial, o seguinte nome:



- A) 1, 2, 2, 3, 4 – pentametil – 2 – fenil – butano.
- B) 3-fenil-2, 3, 4, 4, - tetrametil – pentano.
- C) 3-fenil- 2, 2, 3, 4, tetrametil – pentano.
- D) 2, 2, 3 – trimetil – 3 – etil – octano.
- E) 2, 2 – dimetil – 3 – isopropil – 3 – fenil – butano.

13. (CEFET-MG)

Os nomes corretos para os compostos abaixo são, respectivamente:



- A) 1 – metil – 2 – cicloexeno; isopropilciclopropano; 1 – metil – 2, 5 – cicloexadieno.
- B) 3 – metilcicloexeno; isopropilciclopropano; 3 – metil – cicloexa-1,4-dieno.
- C) 1 – metil – 2 – cicloexeno; n-propilciclopropano; 1 – etil – 2, 5 – cicloexadieno.
- D) 3 – metilcicloexeno; isopropilciclopropano; 3 – etil – 2, 5 – cicloexadieno.
- E) 3 – metil – 1 – cicloexeno; isopropilciclopropano; 1 – metil – 2, 5 – cicloexadieno



14. (ENEM-2012)

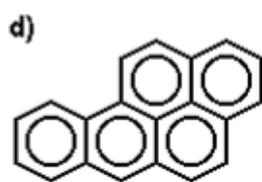
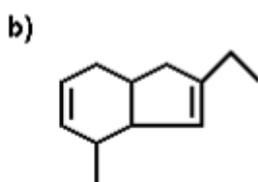
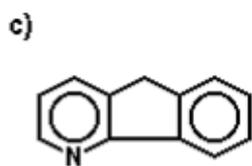
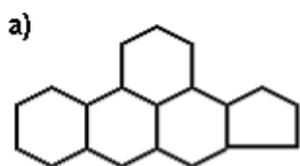
Em uma planície, ocorreu um acidente ambiental em decorrência do derramamento de grande quantidade de um hidrocarboneto que se apresenta na forma pastosa à temperatura ambiente. Um químico ambiental utilizou uma quantidade apropriada de uma solução de para-dodecil-benzenossulfonato de sódio, um agente 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.

15. (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:



16. (ENEM-PPL)

Antigamente, em lugares com invernos rigorosos, as pessoas acendiam fogueiras dentro de uma sala fechada para se aquecerem do frio. O risco no uso desse recurso ocorria quando as pessoas adormeciam antes de apagarem totalmente a fogueira, o que poderia levá-las a óbito, mesmo sem a ocorrência de incêndio.

A causa principal desse risco era o(a)

- A) Produção de fuligem pela fogueira.
- B) liberação de calor intenso pela fogueira.
- C) consumo de todo o oxigênio pelas pessoas.
- D) geração de queimaduras pela emissão de faíscas da lenha.
- E) geração de monóxido de carbono pela combustão incompleta da lenha.

17. (Fatec)

No rótulo de um solvente comercial há indicação de que contém apenas hidrocarbonetos alifáticos. A partir dessa informação conclui-se que esse solvente não deverá conter, como um de seus componentes principais, o:

- A) tolueno.
- B) n-hexano.
- C) heptano.
- D) ciclohexano.
- E) pentano.



18. (ENEM - 2018)

O petróleo é uma fonte de energia de baixo custo e de larga utilização como matéria-prima para uma grande variedade de produtos. É um óleo formado de várias substâncias de origem orgânica, em sua maioria hidrocarbonetos de diferentes massas molares. São utilizadas técnicas de separação para obtenção dos componentes comercializáveis do petróleo. Além disso, para aumentar a quantidade de frações comercializáveis, otimizando o produto de origem fóssil, utiliza-se o processo de craqueamento.

O que ocorre nesse processo?

- A) Transformação das frações do petróleo em outras moléculas menores.
- B) Reação de óxido-redução com transferência de elétrons entre as moléculas.
- C) Solubilização das frações de petróleo com a utilização de diferentes solventes.
- D) Decantação das moléculas com diferentes massas molares pelo uso de centrífugas.
- E) Separação dos diferentes componentes do petróleo em função de suas temperaturas de ebulição.

19. (Unioeste 2012)

A respeito das propriedades físicas e químicas dos combustíveis (gasolina e álcool), e da interação destes com a água, são feitas as seguintes afirmações:

- I. A gasolina é composta principalmente por hidrocarbonetos saturados contendo de 5 a 12 carbonos na cadeia;
- II. O álcool é miscível na água devido às interações por ligações de hidrogênio existentes entre ambos compostos;
- III. A densidade da água é menor do que a densidade da gasolina;
- IV. O álcool, denominado etanol pela IUPAC, não é um combustível renovável;
- V. A gasolina, derivada do petróleo, é um combustível fóssil assim como o carvão mineral.

São corretas as afirmativas

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

20. (FUVEST - 2013)

O craqueamento catalítico é um processo utilizado na indústria petroquímica para converter algumas frações do petróleo que são mais pesadas (isto é, constituídas por compostos de massa molar elevada) em frações mais leves, como a gasolina e o GLP, por exemplo. Nesse processo, algumas ligações químicas nas moléculas de grande massa molecular são rompidas, sendo geradas moléculas menores. A respeito desse processo, foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O craqueamento é importante economicamente, pois converte frações mais pesadas de petróleo em compostos de grande demanda.
- II. O craqueamento libera grande quantidade de energia, proveniente da ruptura de ligações químicas nas moléculas de grande massa molecular.
- III. A presença de catalisador permite que as transformações químicas envolvidas no craqueamento ocorram mais rapidamente.

Está correto o que se afirma em

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



Fórmula da
Química

MÓDULO 8

FUNÇÕES OXIGENADAS

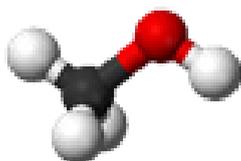
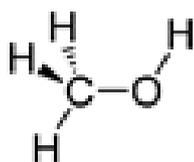
FUNÇÕES OXIGENADAS

Funções oxigenadas são compostos orgânicos que possuem, além de carbono e hidrogênio, átomos de oxigênio. As funções oxigenadas são classificadas em: álcoois, fenóis, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e seus derivados diretos, como ésteres orgânicos e éteres.

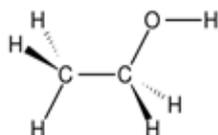
ÁLCOOIS

São substâncias moleculares que possuem o grupo funcional hidroxila ligado diretamente a um carbono saturado. Veja alguns exemplos das fórmulas estruturais e 3D das moléculas de álcoois:

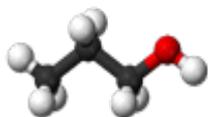
- METANOL OU ÁLCOOL METÍLICO - CH_3OH**



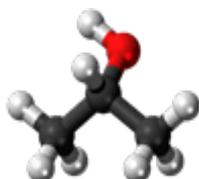
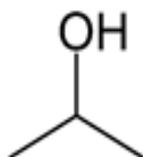
- ETANOL OU ÁLCOOL ETÍLICO**



- PROPAN-1-OL OU ÁLCOOL PROPÍLICO**



- PROPAN-2-OL OU ÁLCOOL ISOPROPÍLICO**

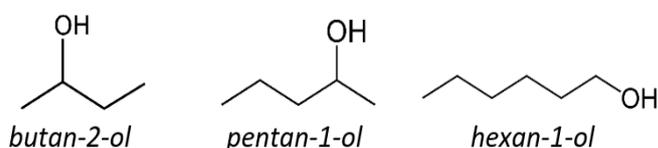


NOMENCLATURA E FORMULAÇÃO

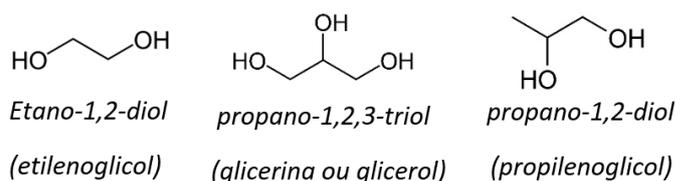
De acordo com as regras da IUPAC, o nome sistemático do álcool não ramificado segue a seguinte forma:

PREFIXO + INFIXO + TERMINAÇÃO
 indica o número de átomos de carbono na cadeia carbônica principal indica o tipo de ligação (ol)

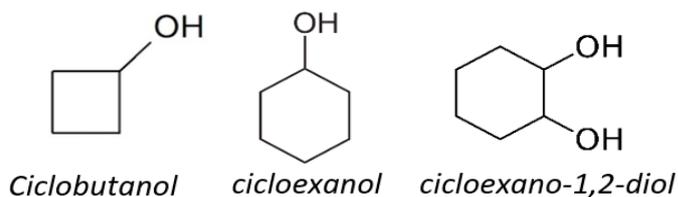
No caso de álcoois com 3 ou mais átomos de carbono na cadeia carbônica principal, é preciso indicar a posição da hidroxila, como mostrado nos exemplos abaixo:



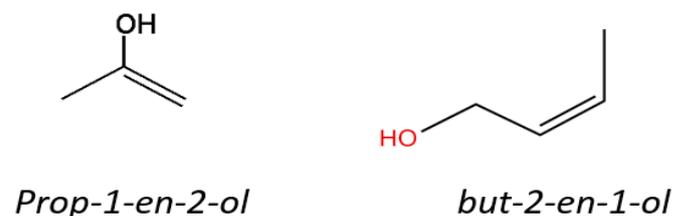
Quando a molécula do álcool possui mais de uma hidroxila, deve-se acrescentar di, tri, tetra, penta, hexa,..., antecendo a terminação ol, indicando o número de hidroxilas. Veja como é:

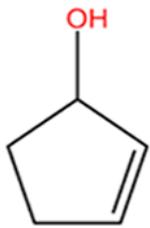


Quando o álcool possuir uma cadeia carbônica cíclica, a nomenclatura segue as mesmas regras da IUPAC para nomear os álcoois de cadeia aberta, apenas acrescentando o termo ciclo ao nome.

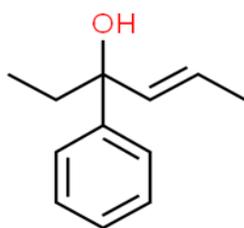


No caso de álcoois com a presença de insaturações na cadeia carbônica principal, a prioridade da numeração dos átomos de carbono é a partir da extremidade mais próxima da hidroxila.





ciclopent-2-enol



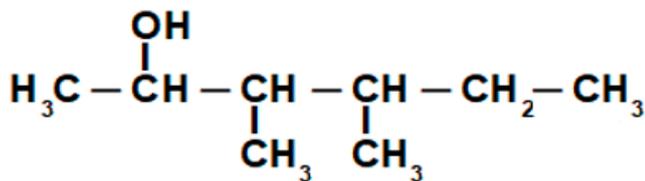
3-fenilhex-4-en-3-ol



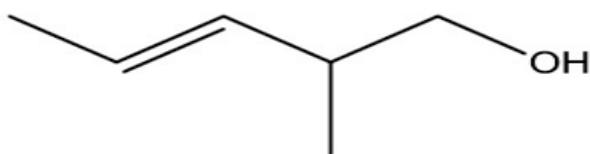
No caso dos álcoois ramificados, há preferência do grupo funciona, a hidroxila, em relação à ramificação para numerar os átomos de carbono da cadeia carbônica principal. E, se a cadeia principal apresentar insaturação, segue a ordem de preferência

Grupo funcional, Insaturação, Ramificação

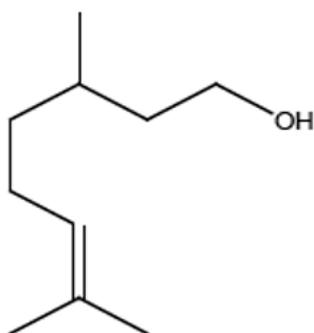
- VEJA ALGUNS EXEMPLOS:



3,4-dimetilhexan-2-ol



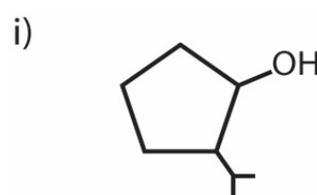
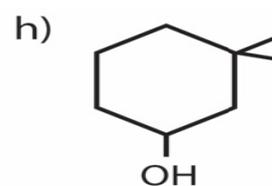
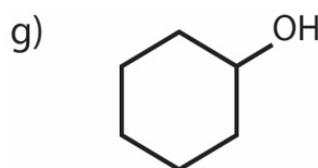
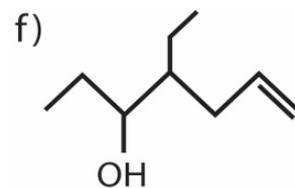
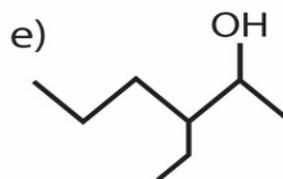
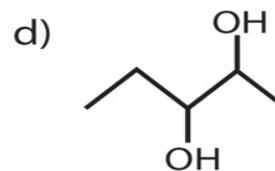
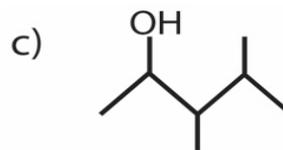
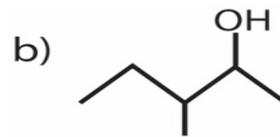
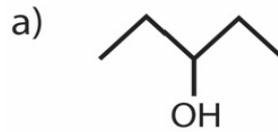
2-metilpent-3-en-1-ol



3,7-dimetiloct-6-en-1-ol

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO

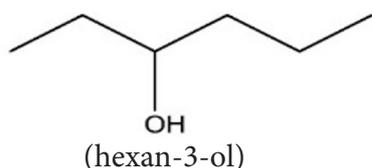
Nomeie os compostos orgânicos de acordo com as regras de nomenclatura da IUPAC:



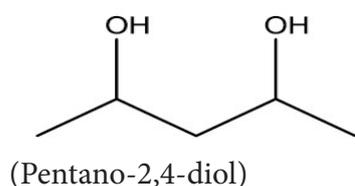
CLASSIFICAÇÃO DOS ÁLCOOIS

- **DE ACORDO COM A QUANTIDADE DE HIDROXILAS LIGADAS AOS ÁTOMOS DE CARBONO**

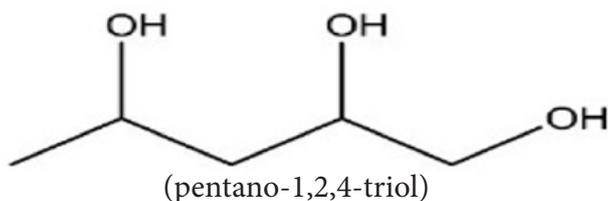
- Monoálcool: uma hidroxila ligada à cadeia carbônica.



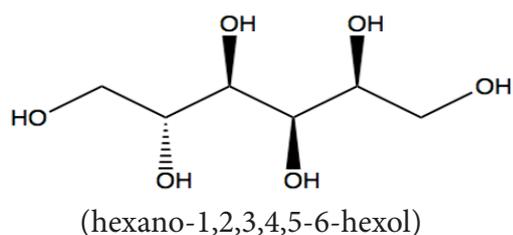
- Diálcool: duas hidroxilas ligadas à cadeia carbônica.



- Triálcool: com três hidroxilas ligadas à cadeia carbônica.

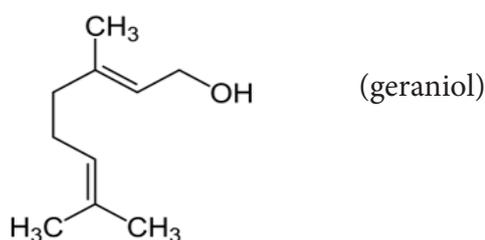


- Poliálcool: quatro ou mais hidroxilas ligadas à cadeia carbônica.

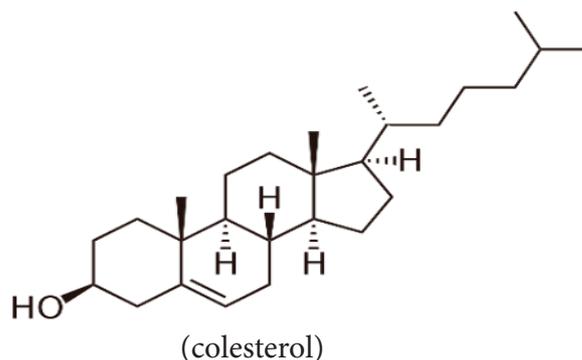


- **DE ACORDO COM O TIPO DE CARBONO AO QUAL A HIDROXILA SE ENCONTRA LIGADA**

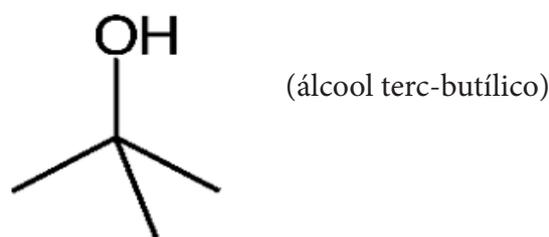
- Álcool primário: a hidroxila se liga a um carbono primário.



- Álcool secundário: a hidroxila se liga a um carbono secundário:



- Álcool terciário: a hidroxila se liga a um carbono terciário.

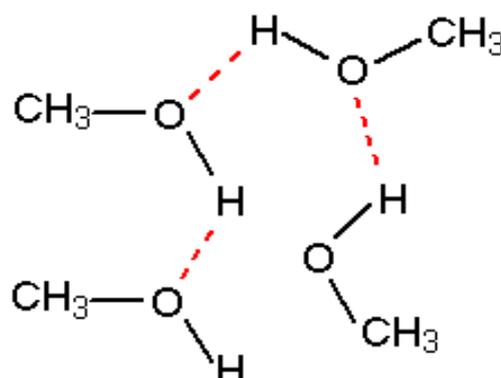


- **PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ÁLCOOIS**

As moléculas dos álcoois são polares devido à presença do grupo hidroxila ligado a um carbono saturado. No entanto, a cadeia carbônica dos álcoois possui natureza apolar. Por isso, o aumento da cadeia carbônica dos álcoois, para o mesmo número de hidroxilas, implica em redução da polaridade molecular. Os álcoois mais polares possuem até quatro átomos de carbono.

As interações entre as moléculas dos álcoois são dos tipos forças dipolo instantâneo-dipolo induzido e ligações de hidrogênio. Quanto menor a cadeia carbônica do álcool, maior é a importância das ligações de hidrogênio para a atração de suas moléculas.

Observe a representação da formação de ligações de hidrogênio entre moléculas de metanol:

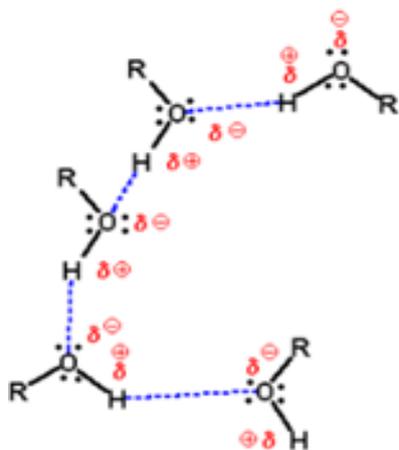


As propriedades físicas dos monoálcoois estão relacionadas com as interações químicas existentes entre suas moléculas. Seus pontos de fusão e de ebulição são, geralmente, maiores à medida que suas cadeias carbônicas são mais extensas. No entanto, monoálcoois com cadeias carbônicas maiores são menos polares e possuem menores solubilidades em água, mas são mais solúveis em solventes apolares.

Observe a tabela abaixo que apresenta propriedades de alguns monoálcoois:

Substância	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição(°C)
Metanol	- 98,0	65,0
Etanol	- 114,0	78,0
Propan-1-ol	- 126,5	97,0
Propan-2-ol	-89,0	82,3
Butan-1-ol	-90,0	117,7
Butan-2-ol	- 114,0	97,5
Pentan-1-ol	-78	138
Hexan-1-ol	-46,7	158,0
Heptan-1-ol	- 34,6	175,8

A solubilidade dos álcoois em água resulta da polaridade de suas moléculas. Durante a dissolução dos álcoois em água ocorre formação de ligações de hidrogênio entre suas moléculas polares, como representado no desenho abaixo.



O aumento da cadeia carbônica implica diretamente na redução da solubilidade em água, como mostra a tabela abaixo:

Álcool	Solubilidade em água (gramas/ 100g de água)
Metanol	Infinita
Etanol	Infinita
Propan-1-ol	Infinita
Butan-1-ol	7,9
Pentan-1-ol	2,2
Hexan-1-ol	0,6

Assim, apenas álcoois com até 3 átomos de carbono se dissolvem em água em qualquer proporção, isto é, possuem dissolução infinita. Uma explicação para esse fato é que as moléculas dos álcoois metanol, etanol e propan-1-ol possuem cadeias carbônicas de natureza apolar menores e são, por isso, mais polares. Assim, podem estabelecer com moléculas polares de água ligações de hidrogênio de intensidades muito próximas em relação àquelas existentes entre moléculas de água, ocorrendo dissolução muito espontânea.

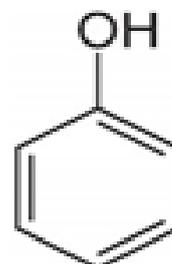
Contudo, para álcoois com cadeias carbônicas maiores, a solubilidade em água é muito restrita e diminui à medida que a cadeia carbônica aumenta devido à redução da polaridade de suas moléculas, bem como a diminuição da intensidade das ligações de hidrogênio álcool-água.

Os álcoois, exceto metanol, são muito solúveis em solventes apolares, ditos solventes orgânicos, por conta da formação de interações intermoleculares dipolo instantâneo-dipolo induzido ou forças de dispersão de London. Por exemplo, etanol é solúvel em gasolina que possui natureza apolar.

A gasolina comercializada em postos de combustíveis contém além de gasolina, etanol com teor em torno de 25 % em volume.

FENÓIS

São substâncias orgânicas formadas por moléculas que apresentam o grupo funcional hidroxila ligado diretamente ao anel aromático. O fenol mais simples, é conhecido com o nome de fenol ou ácido fênico:



O fenol é uma substância extremamente tóxica. Pode ser letal se ingerido, inalado ou absorvido pela pele. É muito corrosivo quando atua nas mucosas, causando irritação e queimaduras severas. Pode provocar doenças no sistema nervoso central, fígado e rins, além de possuir elevado potencial carcinogênico.

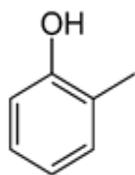
O fenol possui propriedades antissépticas devido à sua ação bactericida. Em 1870, foi utilizado pela primeira vez como antisséptico hospitalar no tratamento de feridas decorrentes de cirurgias, evitando muitas mortes provocadas por infecções durante o pós-operatório.

NOMENCLATURA E FORMULAÇÃO

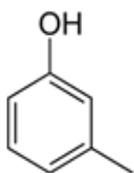
A nomenclatura dos fenóis considera que a cadeia aromática é a cadeia principal, cuja hidroxila deve ter a menor posição possível, tendo preferência em relação à ramificação ligada à cadeia aromática. A presença da hidroxila é indicada através do termo hidróxi. Quando mais de uma hidroxila estiver ligada ao anel benzênico, as terminações são diidroxí, triidroxí, etc, conforme o número de hidroxilas fenólicas. O nome termina com o nome do hidrocarboneto aromático parental.

Outra nomenclatura considere os fenóis compostos derivados do fenol mais simples e recebem a terminação fenol.

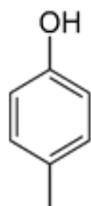
Veja os exemplos:



1-hidroxi-2-metilbenzeno ou
2-metilfenol ou
o-metilfenol ou
o-cresol

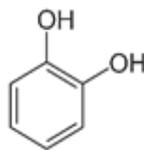


1-hidroxi-3-metilbenzeno
3-metilfenol ou
m-metilfenol ou
m-cresol

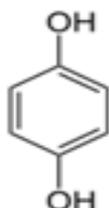


1-hidroxi-4-metilbenzeno ou
4-metilfenol ou
p-metilfenol ou
p-cresol

Os cresóis possuem propriedades desinfetantes sendo comercializados na forma de emulsão com sabões como creolina e lisol, utilizados em limpeza pesada.



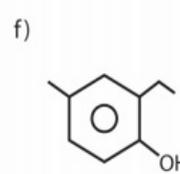
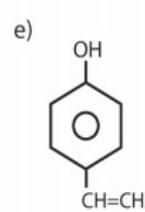
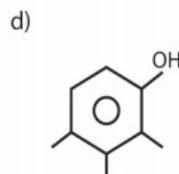
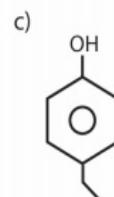
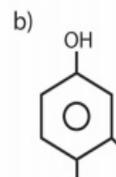
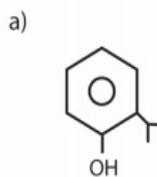
1,2-diidroxibenzeno ou
o-diidroxibenzeno ou
catecol



1,4-diidroxibenzeno ou
p-diidroxibenzeno ou
hidroquinona

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO

Nomeie os compostos abaixo de acordo com as regras da IUPAC:



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FENÓIS

Quando se comparam os pontos de ebulição dos álcoois e dos fenóis com os pontos de ebulição dos hidrocarbonetos que apresentam aproximadamente o mesmo peso molecular, fica-se surpreso com o fato de que os álcoois e fenóis fervem a temperaturas muito mais altas. Pode-se notar este contraste examinando a tabela.

Composto	P.M (g/mol)	P.E °C (1 atm)
Metanol	32,04	65
Etano	30,07	-88,6
Etanol	46,07	78,5
Propano	44,09	-44,5
Fenol	94,11	182
Tolueno	92,13	110,6

A explicação para os contrastes apresentados reside no fato de que as moléculas dos fenóis possuem a hidroxila (-O-H) que favorece a formação de ligações de hidrogênio, como também ocorre entre moléculas dos álcoois, que contribuem para a formação de interações intermoleculares mais intensas em relação às interações dipolo instantâneo-dipolo induzido existentes entre as moléculas dos hidrocarbonetos.

OBTENÇÃO DOS FENÓIS

Os fenóis são obtidos a partir da destilação do alcatrão da hulha, um tipo de carvão mineral. São obtidas cinco frações, que permitem fornecer compostos aromáticos utilizados como matéria-prima para a produção de materiais como medicamentos, plásticos, tintas, produtos de limpeza, pavimentação de ruas. As frações são:

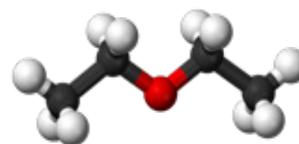
- Óleo leve (2%) - benzeno tolueno, xileno;
- Óleo médio (12%) - fenol, cresóis, etc.;
- Óleo pesado (10%) - Naftaleno e seus derivados;
- Óleo de antraceno (25%) - antraceno, fenantreno, carbazol, criseno, etc.
- Piche (51%) - Hidrocarbonetos de massa molar elevada.

ÉTERES

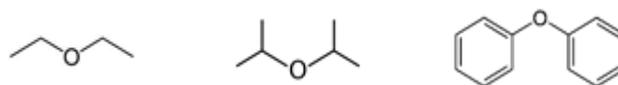
São compostos orgânicos formados por moléculas cujas cadeias carbônicas possuem o átomo de oxigênio como heteroátomo, ligado a dois átomos de carbono. O grupo funcional de um éter é denominado oxí (- O -). A estrutura geral do éter pode se representada assim:



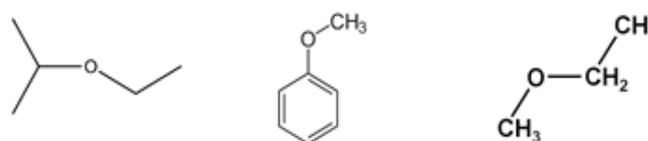
Observe a representação da molécula do éter etílico, muito utilizado como solvente de compostos orgânicos e conhecido como éter comum:



Quando R1 é igual a R2, o éter é classificado como simétrico. Veja alguns exemplos de éteres simétricos.



Quando os grupos orgânicos R1 e R2 são diferentes, o éter é classificado como assimétrico como os exemplos abaixo:

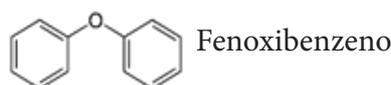
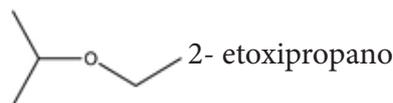


REGRAS DA IUPAC PARA NOMENCLATURA DOS ÉTERES

(Nome do radical menor + oxí) + (nome do hidrocarboneto referente ao radical maior)

Veja alguns exemplos:

CH₃ - O - CH₃ Metoximetano
 CH₃ - O - CH₂ - CH₃ Metoxietano
 CH₃ - CH₂ - O - CH₂ - CH₃ Etoxietano
 CH₃ - CH₂ - CH₂ - O - CH₃ Metoxipropano

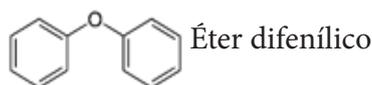
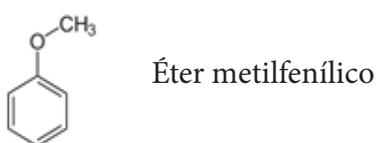
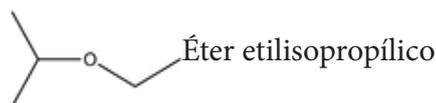


NOMENCLATURA USUAL DOS ÉTERES

Éter + nome do radical menor + nome do radical maior + terminação ilico.

Observe alguns exemplos:

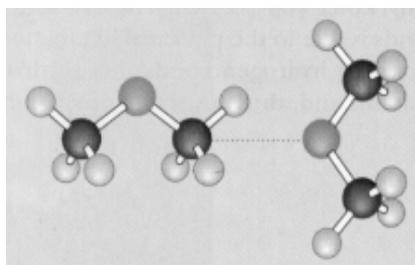
CH₃ – O – CH₃ Éter dimetílico
 CH₃ – O – CH₂ – CH₃ Éter metiletílico
 CH₃ – CH₂ – O – CH₂ – CH₃ Éter dietílico
 CH₃ – CH₂ – CH₂ – O – CH₃ Éter metilpropílico



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ÉTERES

Os éteres são substâncias formadas por moléculas pouco polares. Suas interações intermoleculares são dos tipos dipolo instantâneo-dipolo induzido, e interações dipolo-dipolo fracas.

Observe no desenho abaixo a representação de duas moléculas do éter metoximetano e a formação de fracas interações dipolo-dipolo entre elas, envolvendo o polo negativo presente no heteroátomo de oxigênio de uma molécula e o polo positivo presente no átomo de carbono de outra molécula:



Composto	Massa molar (g/mol)	Ponto de ebulição (°C)
Metoxipentano	46	-25
Propano	44	-44,5
Etoxi-etano	74	34
Pentano	72	36
Metoximetano	108	158,3
Etilbenzeno	106	136

A proximidade dos pontos de ebulição dos éteres em relação aos hidrocarbonetos de massas molares muito próximas se deve ao fato que as interações dipolo-dipolo entre as moléculas dos éteres não contribuem significativamente para aproximá-las, devido a baixa intensidade das forças atrativas.

No entanto, quando se comparam éteres e álcoois com massas molares próximas, os éteres possuem pontos de ebulição menores, pois entre suas moléculas não há a formação de ligações de hidrogênio como nos álcoois. Nos éteres, os átomos de hidrogênio estão ligados aos átomos de carbono e não se encontram eletronicamente desprotegidos, o que impede a formação de ligações de hidrogênio intermoleculares.

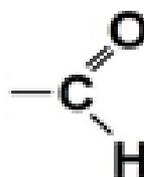
A tabela abaixo apresenta valores de temperaturas de ebulição de éteres e álcoois.

Composto	Massa molar (g/mol)	Ponto de ebulição (°C)
Metoximetano	46,0	- 24,0
Etanol	46,0	78,0
Metoxietano	60,0	7,4
Propan-1-ol	60,0	97,0

Em relação à solubilidade dos éteres, podemos dizer que aqueles com até quatro átomos de carbono são solúveis em água devido à formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas do éter e da água. Já os éteres com cadeias carbônicas maiores são praticamente insolúveis em água, devido à baixa polaridade de suas moléculas. No entanto, os éteres são muito solúveis em solventes apolares como benzeno, tetracloreto de carbono e outros.

ALDEÍDOS

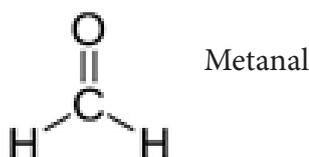
São compostos orgânicos oxigenados que possuem em suas moléculas o grupo funcional carbonila na extremidade da cadeia carbônica, isto é, em carbono primário. A carbonila do aldeído também é chamada de aldoxila. Observe sua fórmula estrutural:



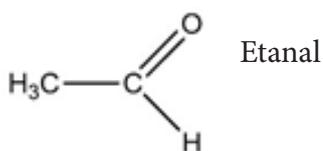
Carbonila aldeídica ou aldoxila

Os aldeídos de cadeias carbônicas mais curtas possuem odores muito irritantes, sobretudo os aldeídos líquidos. Mas, à medida que a cadeia carbônica aumenta, os odores diminuem.

O aldeído mais simples é o metanal, também conhecido como formadeído. Possui fórmula molecular CH_2O . É uma substância gasosa nas condições ambientes. Sua solução aquosa comercial é conhecida com o nome de formol. O formol tem diversas aplicações como produção de germicidas e inseticidas agrícolas, conservação de cadáveres e peças anatômicas, produção de explosivos e borrachas, entre outros.



O etanal ou acetaldeído é uma substância é o aldeído de fórmula química $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$. Ele é um líquido incolor, acre, que ferve aproximadamente à temperatura ambiente, é o produto metabólico primário do etanol na sua rota de conversão a ácido acético.

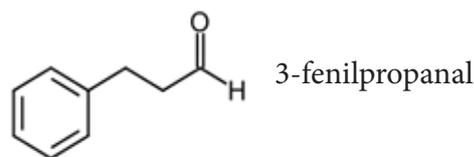
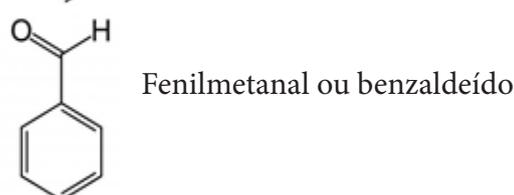
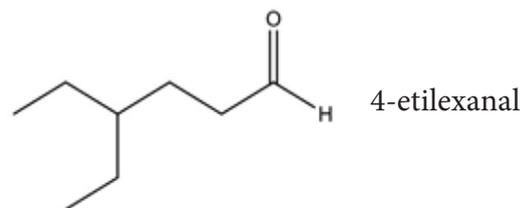
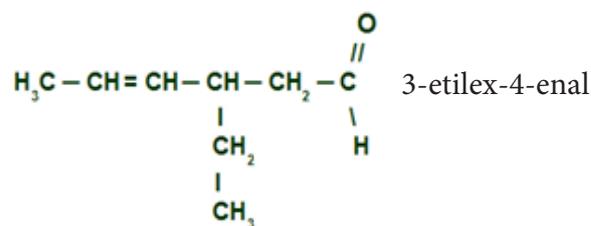
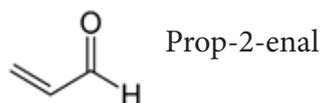
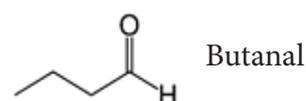
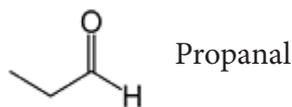


REGRAS DA IUPAC PARA NOMENCLATURA DOS ALDEÍDOS

Pelo sistema IUPAC, nomeiam-se os aldeídos alifáticos substituindo-se a terminação o do nome do alcano correspondente por al. Como o grupo aldeídico deve estar no final de uma cadeia de carbono, não há necessidade de se indicar a sua posição. Entretanto, quando outros substituintes estão presentes, considera-se que o grupo carbonila ocupe a posição 1.

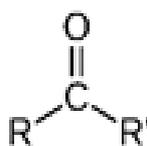
Prefixo + infixo + al

Veja alguns exemplos:

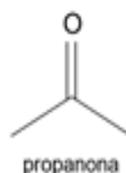


CETONAS

São compostos orgânicos oxigenados formados por moléculas que possuem o grupo funcional carbonila em carbono secundário, como representado a seguir:



A cetona mais simples é a propanona, muito conhecida como acetona, um solvente muito utilizado para esmaltes, tintas e vernizes. É um líquido incolor, volátil nas condições ambientes, inflamável e com odor característico. A acetona comercializada para remover esmaltes, na realidade é a mistura de propanona, etanol e água. Observe a fórmula estrutural da propanona:

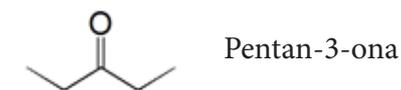


REGRAS DA IUPAC PARA NOMENCLATURA DAS CETONAS

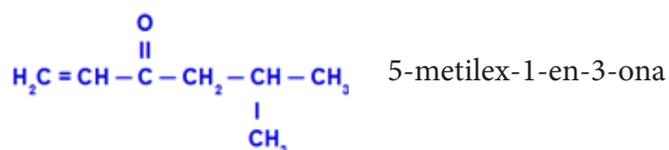
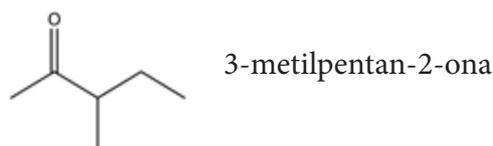
De acordo com a IUPAC, os nomes das cetonas são construídos da seguinte maneira:

Prefixo + infixo + ona

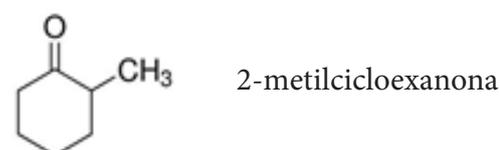
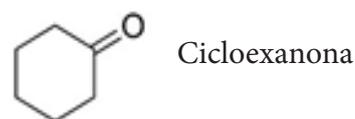
Para cetonas com 5 ou mais átomos de carbono, é preciso indicar a posição da carbonila. Veja:



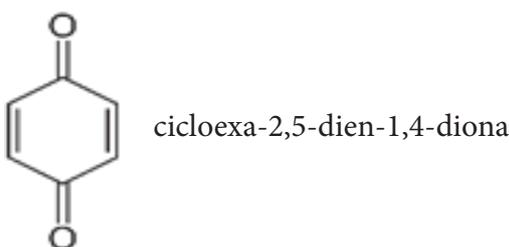
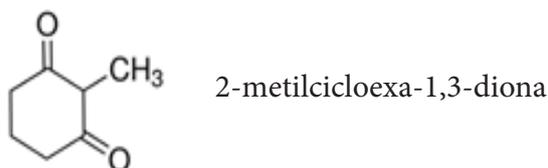
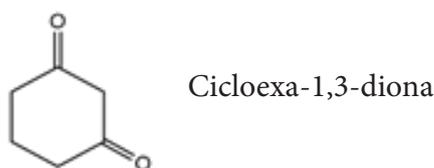
No caso de cetonas de cadeias carbônicas ramiificadas, a cadeia carbônica principal deve ser numerada a partir da extremidade mais próxima da carbonila, como nos exemplos abaixo:



Quando a cetona é cíclica e possui apenas uma carbonila não é preciso indicar sua posição, como nos exemplos a seguir:



Se a cetona cíclica possui mais de um grupo carbonila, é necessário indicar suas posições no ciclo.



PROPRIEDADES FÍSICAS DE ALDEÍDOS E CETONAS

O grupo carbonila é um grupo polar. Portanto, os aldeídos e as cetonas têm pontos de ebulição mais altos do que os dos hidrocarbonetos de mesmo peso molecular. Entretanto, como os aldeídos e as cetonas não podem formar ligações de hidrogênio intermoleculares, eles têm pontos de ebulição mais baixos do que os álcoois correspondentes. Observe essa comparação no quadro abaixo:

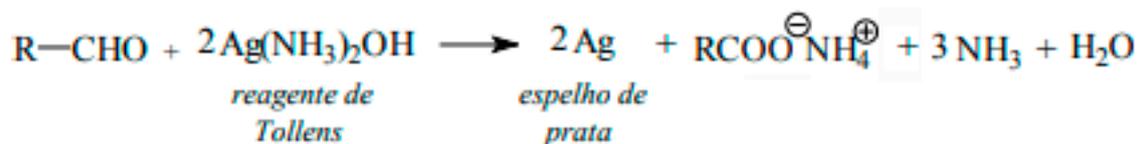
Substância	Ponto de ebulição (°C)
Propano	-44,5
Propanal	49
Propanona	56,2
Propanol	97,1

O oxigênio carbonílico permite que os aldeídos e as cetonas formem ligações de hidrogênio com água. Como resultado, os aldeídos e as cetonas de massas molares menores apresentam uma solubilidade apreciável em água. A acetona e o acetaldeído são solúveis em água em todas as proporções. Já aldeídos e cetonas com mais de cinco átomos de carbono são pouco solúveis em água e solúveis em solventes apolares.

TESTES QUÍMICOS PARA ALDEÍDOS E CETONAS

• TESTE DE TOLLENS

A facilidade com que os aldeídos são oxidados proporciona um teste útil para diferenciar os aldeídos da maioria das cetonas. No TESTE DE TOLLENS mistura-se o nitrato de prata aquoso com a amônia aquosa e se obtém uma solução conhecida como reagente de Tollens. O reagente contém o íon diaminprata, $(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2)^+$. Apesar deste íon ser um agente oxidante muito fraco, ele oxida o aldeído a íon carboxilato. Enquanto isto acontece, a prata é reduzida do estado de oxidação 1+ à prata metálica. Se a velocidade da reação é lenta e as paredes do frasco são limpas, a prata metálica se deposita nas paredes do tubo de ensaio como um espelho. Se não, ela se deposita como um precipitado de cor cinza a preto. O reagente de Tollens dá um resultado negativo com todas as cetonas.



• TESTE DE FEHLING OU BENEDICT

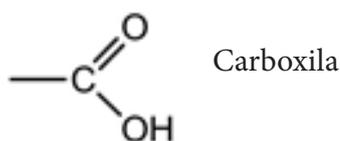
Os reagentes de Fehling e de Benedict são usados para promover a oxidação seletiva dos aldeídos, especialmente em carboidratos. Estes reagentes contêm o íon cúprico (Cu^{+2}) em solução básica, complexado com o ânion do ácido tartárico (Fehling) ou do ácido cítrico (Benedict). Ao oxidar-se o aldeído para formar um ácido carboxílico, o complexo azul de Cu^{+2} é reduzido a íon cuproso (Cu^{+}), que na solução básica, forma um precipitado marrom avermelhado de Cu_2O .



A D-glicose e outros carboidratos que são oxidados por oxidantes fracos, como reagente de Tollens (Ag^+), Fehling ou Benedict (Cu^{+2}), são chamados redutores (porque reduzem estes reagentes). O reagente de Fehling é usado como um teste qualitativo para a presença de glicose na urina, uma indicação de diabetes ou disfunção renal.

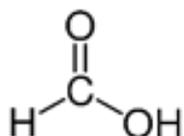
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

São compostos orgânicos oxigenados formados por moléculas que possuem o grupo funcional carboxila:



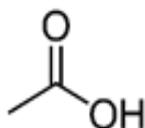
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS IMPORTANTES

O ácido carboxílico mais simples é o ácido metanoico, também conhecido como ácido fórmico, cuja fórmula estrutural é apresentada abaixo:



O ácido fórmico recebe esse nome pois a sua primeira obtenção foi por meio da destilação de formigas vermelhas (do latim formica = formiga), que injetam esse ácido carboxílico por meio de sua picada, causando uma dor intensa, inchaço e coceira.

O ácido carboxílico mais comum é o ácido etanoico, conhecido como ácido acético, presente no vinagre:



Os ácidos carboxílicos são muito importantes do ponto de vista bioquímico. Muitas biomoléculas possuem a carboxila como grupo funcional. Veja alguns exemplos:

	Raiz	Origem	Nome IUPAC	Fórmula estrutural
acético	Latin: acetum (vinagre)	encontrado no vinagre	ácido etanoico	
adípico	Latin: adeps (gordura)	formada quando as gorduras insaturadas são oxidadas	ácido hexanodióico	
butírico	Latin: butyrum (manteiga)	é encontrado na manteiga estragada	ácido butanoico	
capróico	Latin: caper (caprinos)	encontrado no leite de caprinos, e têm um odor semelhante ao das cabras	ácido hexanoico	
esteárico	Grego: stear (sebo)	presente nos triacilgliceróis do sebo (gordura animal)	ácido octadecanoico	

REGRAS DA IUPAC PARA NOMENCLATURA DAS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

A nomenclatura para ácidos carboxílicos tem como característica iniciar com o termo ácido e terminar com o sufixo -oico.

Prefixo + infixo + oico

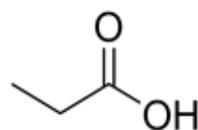
As regras são:

. Numerar os carbonos da cadeia principal, iniciando a contagem pela extremidade em que se encontra a carboxila (-COOH). O prefixo da nomenclatura será dado de acordo com o número de carbonos da cadeia principal.

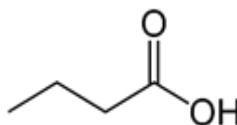
. Nomear e localizar ramificações: prefixo (número de carbonos) + terminação (-il ou -ila). Se houver mais de uma ramificação na cadeia, elas devem ser posicionadas na nomenclatura por ordem alfabética.

. Verificar a existência de insaturações na cadeia. Observação: Os prefixos di-, tri- ou penta- são usados para expressar a presença de dois, três ou quatro grupos da mesma espécie. Exemplo: ácido dioico presença de dois grupos carboxilas.

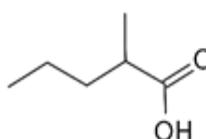
Observe alguns exemplos:



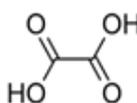
Ácido propanoico



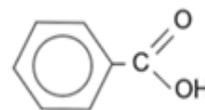
Ácido butanoico



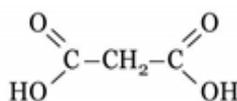
Ácido 2-metilpentanoico



Ácido etanodioico



Ácido benzoico



Ácido propanodioico

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Os ácidos carboxílicos são substâncias polares. Suas moléculas podem formar ligações de hidrogênio entre si e com a água. Como resultado, os ácidos carboxílicos geralmente têm pontos de ebulição mais altos em relação aos outros compostos oxigenados como álcoois, aldeídos e cetonas de massas molares próximas.

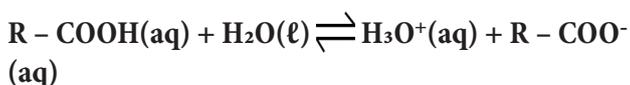
Os ácidos carboxílicos podem sólidos ou líquidos nas condições ambientes. Aqueles com até 4 átomos de carbono são muito solúveis em água, mas à medida que a cadeia carbônica aumenta, a solubilidade em água diminui.

A tabela a seguir mostra propriedades físicas de alguns ácidos carboxílicos:

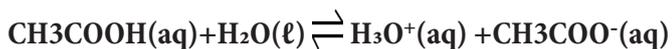
Nome IUPAC	Nome usual	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)	Sol em água (g/100g H ₂ O) 25°C
Ácido metanóico	Ácido fórmico	8	100,5	Infinita
Ácido etanóico	Ácido acético	16,6	118	Infinita
Ácido propanóico	Ácido propiônico	-1	141	Infinita
Ácido butanóico	Ácido butírico	-6	164	Infinita
Ácido pentanóico	Ácido valérico	-34	187	4,97
Ácido hexanóico	Ácido capríco	-3	205	1,08

ACIDEZ DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Os ácidos carboxílicos são ácidos fracos e se comportam como ácidos de Bronsted-Lowry na presença de água conforme representa o equilíbrio da reação que ocorre na solução aquosa desses ácidos



Como a ionização das moléculas dos ácidos carboxílicos é pouco espontânea, tende ao estado de equilíbrio iônico com a predominância na solução de moléculas não ionizadas. Imagine um vinagre que é uma solução aquosa de ácido acético. É preciso admitir que na solução há a presença de pequena concentração de íons acetato e hidrônio, sendo que o ácido se encontra em sua maior parte na forma molecular. Observe a equação da dissociação molécula do ácido acético (ácido etanoico) em água:



O aumento da cadeia carbônica diminui a força ácida dos ácidos carboxílicos porque diminuem a polaridade molecular e a tendência para a ionização. A sequência abaixo mostra a ordem decrescente da força ácida de alguns compostos:

Ácido metanoico > ácido etanoico > ácido propanoico > ácido butanoico > ácido pentanoico.

A tendência para a desprotonação das moléculas dos ácidos carboxílicos pode ser aumentada pela introdução de átomos muito eletronegativos como flúor, cloro, bromo, entre outros, porque a polaridade da molécula aumenta o grau de ionização. Quanto mais eletroatraente for o grupo introduzido na molécula, mais aumenta a força ácida.

Considere os ácidos acético, cloroacético, dicloroacético e tricloroacético e suas constantes de ionização (K_a). Quanto maior o valor de K_a , mais forte é o ácido.

	Ácido	Fórmula	K_a
I.	Ácido etanoico	CH_3COOH	$1,7 \cdot 10^{-5}$
II.	Ácido monoclora- acético	CH_2ClCOOH	$1,3 \cdot 10^{-3}$
III.	Ácido dicloroacético	CHCl_2COOH	$5,0 \cdot 10^{-2}$
IV.	Ácido tricloroacético	CCl_3COOH	$2,3 \cdot 10^{-1}$

Quanto mais átomos de cloro presentes na molécula do ácido carboxílico, com igual número de átomos de carbono, maior é a polarização da ligação covalente O – H, tornando o átomo de hidrogênio eletronicamente mais desprotegido e mais suscetível à saída da molécula do ácido.

A acidez dos ácidos carboxílicos é suficiente para que possam neutralizar soluções aquosas de bases fracas, como a amônia, e bases fortes, como hidróxido de sódio, e sais de caráter básico, como bicarbonato de sódio.

Os ácidos carboxílicos são geralmente ácidos mais fortes que os fenóis, pois a carboxila é um grupo mais polar que a hidroxila fenólica.

ÉSTERES

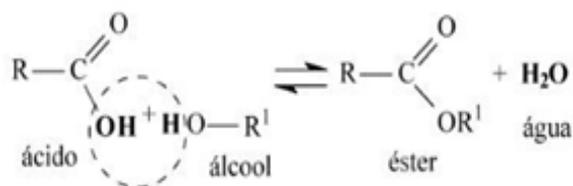
São compostos orgânicos oxigenados, derivados dos ácidos carboxílicos, formados por moléculas que possuem o grupo funcional carboxi, representado através da fórmula estrutural abaixo:

Os ésteres são muito utilizados como substâncias flavorizantes utilizadas na produção de alimentos e fármacos. Veja alguns exemplos:

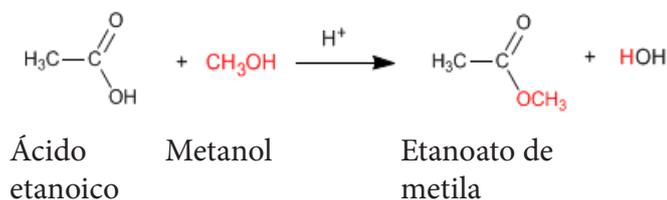
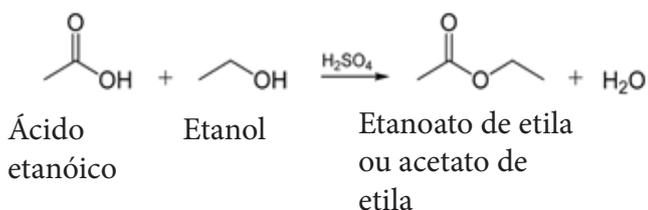
Nome	Fórmula estrutural	Aroma
Etanoato de etila		Maçã
Etanoato de octila		Laranja
Butanoato de etila		Abacaxi
Etanoato de 3-metil-butila		Banana

REAÇÕES DE ESTERIFICAÇÃO

Os ésteres são produzidos nas reações entre ácidos carboxílicos e álcoois, denominadas reações de esterificação, como representado através da equação a seguir:



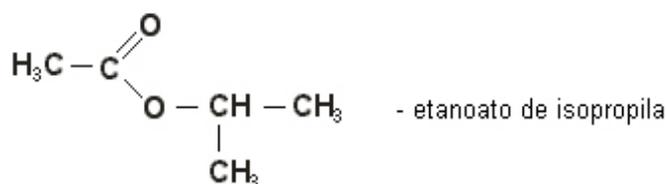
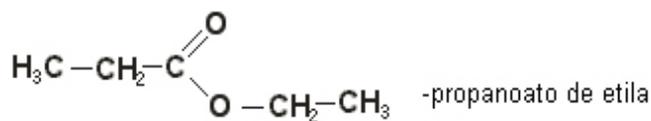
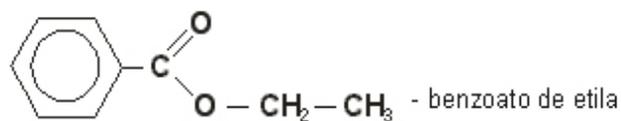
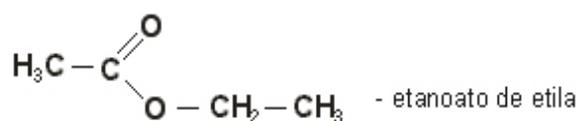
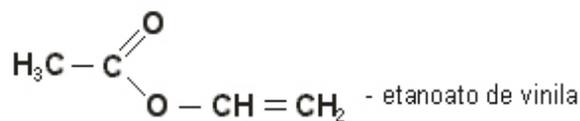
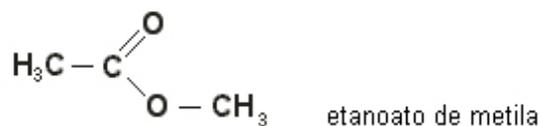
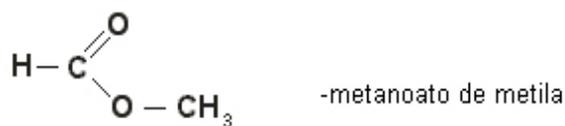
Observe a reação entre ácido etanoico e etanol, praticamente puros, catalisada por ácido sulfúrico, com formação de acetato de etila e água:



REGRAS DA IUPAC PARA NOMENCLATURA DOS ÉSTERES

O nome de um éter é construído da seguinte forma:

Nome do ácido carboxílico de origem sem a terminação oico + terminação oato + nome do radical orgânico ligado ao oxigênio + terminação ila.



PROPRIEDADES FÍSICAS DOS ÉSTERES

Os ésteres são compostos polares, mas não podem formar ligações de hidrogênio fortes entre si. Suas interações intermoleculares são forças dipolo instantâneo-dipolo induzido e dipolo-dipolo. Como resultado, os ésteres têm pontos de ebulição que são mais baixos do que os dos ácidos e álcoois de peso molecular comparável. Os seus pontos de ebulição são aproximadamente os mesmos daqueles dos aldeídos e cetonas comparáveis. Eles apresentam menores solubilidades em água do que os ácidos e os álcoois. Os ésteres geralmente têm cheiro agradável, em oposição aos dos ácidos de baixo peso molecular. Os odores de alguns ésteres se assemelham aos das frutas e, por isso, estes ésteres são usados na fabricação de aromatizantes sintéticos.

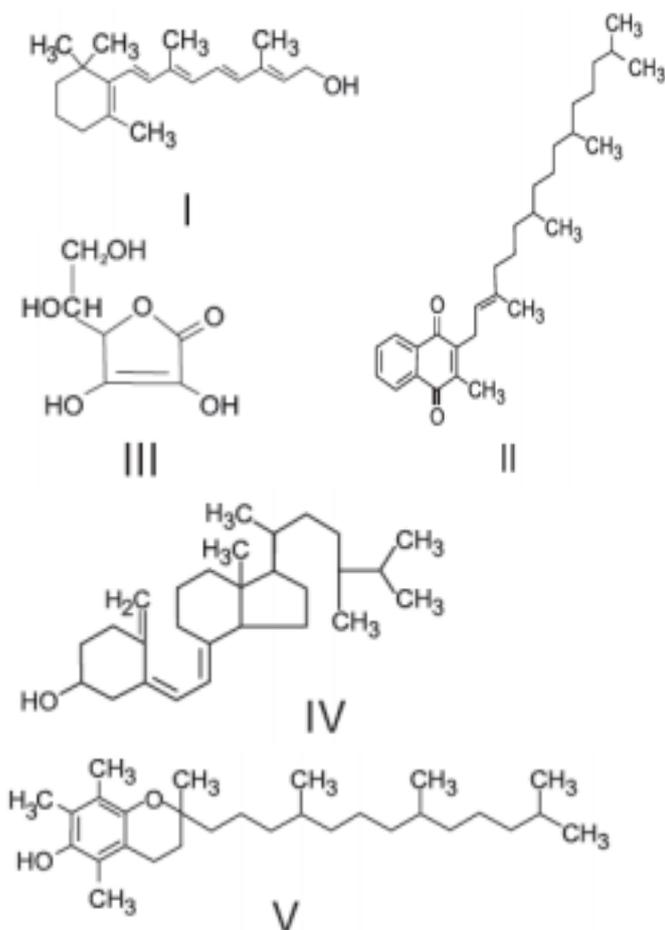


QUESTÕES DE REVISÃO



01. (ENEM – 2012)

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.



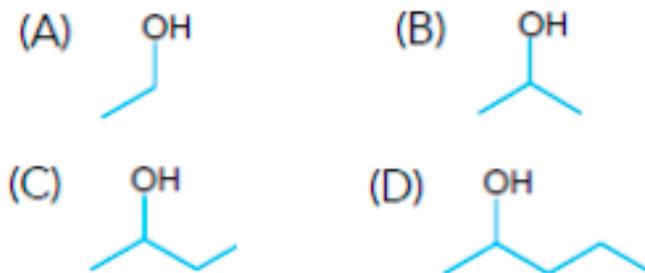
Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

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

02. (UERJ - 2016)

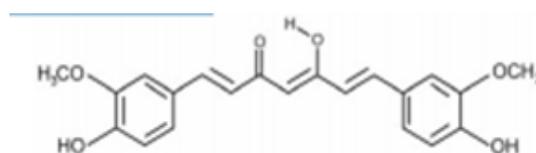
Em um experimento, foi analisado o efeito do número de átomos de carbono sobre a solubilidade de alcoóis em água, bem como sobre a quiralidade das moléculas desses alcoóis. Todas as moléculas de alcoóis testadas tinham número de átomos de carbono variando de 2 a 5, e cadeias carbônicas abertas e não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

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



03. (ENEM-2010)

A curcumina, substância encontrada no pó amarelo-alaranjado extraído da raiz da cúrcuma ou açafrão-da-índia (*Curcuma longa*), aparentemente, pode ajudar a combater vários tipos de câncer, o mal de Parkinson e o de Alzheimer e até mesmo retardar o envelhecimento. Usada há quatro milênios por algumas culturas orientais, apenas nos últimos anos passou a ser investigada pela ciência ocidental.



ANTUNES, M. G. L. Neurotoxicidade induzida pelo quimioterápico cisplatina: possíveis efeitos citoprotetores dos antioxidantes da dieta curcumina e coenzima Q10. Pesquisa FAPESP. São Paulo, n. 168, fev. 2010 (adaptado).

Na estrutura da curcumina, identificam-se grupos característicos das funções.

- A) éter e álcool.
- B) éter e fenol.
- C) éster e fenol.
- D) aldeído e enol.
- E) aldeído e éster.

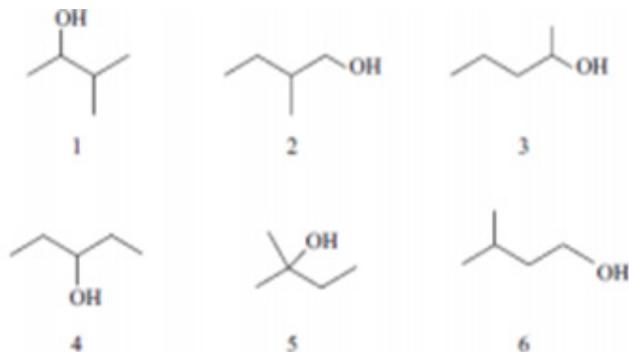


QUESTÕES DE REVISÃO



04. (UNESP – 2013)

As fórmulas apresentadas a seguir, numeradas de 1 a 6, correspondem a substâncias de mesma fórmula molecular



Determine a fórmula molecular dessas substâncias e escreva a fórmula estrutural completa do álcool primário que apresenta carbono assimétrico (quiral).

05. (FUVEST - 2012)

Considere os seguintes compostos isoméricos: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ e $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_3$, butanol e éter dietílico. Certas propriedades de cada uma dessas substâncias dependem das interações entre as moléculas que a compõem (como, por exemplo, as ligações de hidrogênio). Assim, pode-se concluir que,

- A) a uma mesma pressão, o éter dietílico sólido funde a uma temperatura mais alta do que o butanol sólido.
- B) a uma mesma temperatura, a viscosidade do éter dietílico líquido é maior do que a do butanol líquido.
- C) a uma mesma pressão, o butanol líquido entra em ebulição a uma temperatura mais alta do que o éter dietílico líquido.
- D) a uma mesma pressão, massas iguais de butanol e éter dietílico liberam, na combustão, a mesma quantidade de calor.
- E) nas mesmas condições, o processo de evaporação do butanol líquido é mais rápido do que o do éter dietílico líquido.

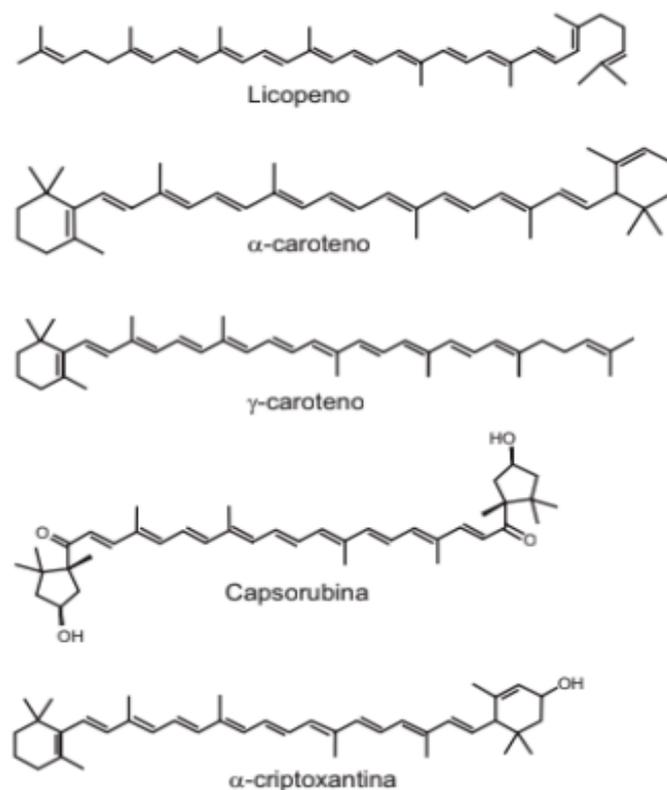
06. (FCMMG- 2010)

Em relação ao fenol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, uma substância usada como antisséptico, a afirmativa ERRADA é

- A) A sua solubilidade em água é dificultada pelo grupo $-\text{C}_6\text{H}_5$ grande e hidrofóbico.
- B) A sua solubilidade em água se deve à formação de ligações de hidrogênio.
- C) A sua temperatura de ebulição é menor do que a do benzeno.
- D) A sua acidez deve ser atribuída ao grupo $-\text{OH}$.

07. (ENEM-2017)

A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente. Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas





QUESTÕES DE REVISÃO

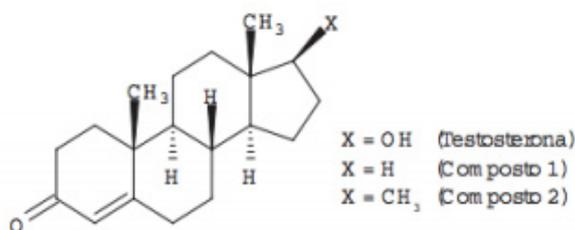


A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

- A) licopeno.
- B) α -caroteno.
- C) γ -caroteno.
- D) capsorubina.
- E) α -criptoxantina.

08. (ENEM 2016)

A lipofilia é um dos fatores fundamentais para o planejamento de um fármaco. Ela mede o grau de afinidade que a substância tem com ambientes apolares, podendo ser avaliada por seu coeficiente de partição.

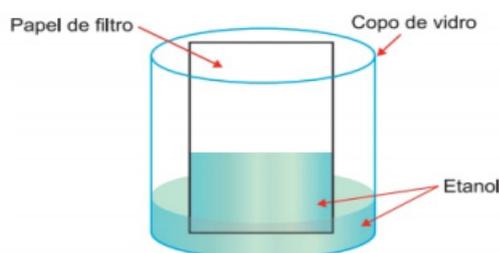


Em relação ao coeficiente de partição da testosterona, as lipofilias dos compostos 1 e 2 são, respectivamente,

- A) menor e menor que a lipofilia da testosterona.
- B) menor e maior que a lipofilia da testosterona.
- C) maior e menor que a lipofilia da testosterona.
- D) maior e maior que a lipofilia da testosterona.
- E) menor e igual que a lipofilia da testosterona.

09. (ENEM 2019)

Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, superando a gravidade que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.

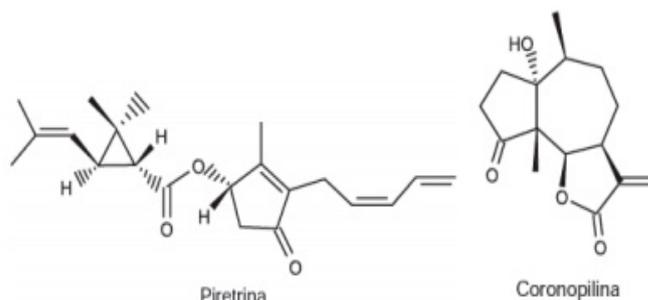


Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a

- A) evaporação do líquido.
- B) diferença de densidades.
- C) reação química com o papel.
- D) capilaridade nos poros do papel.
- E) resistência ao escoamento do líquido.

10. (ENEM - 2012)

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.



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.

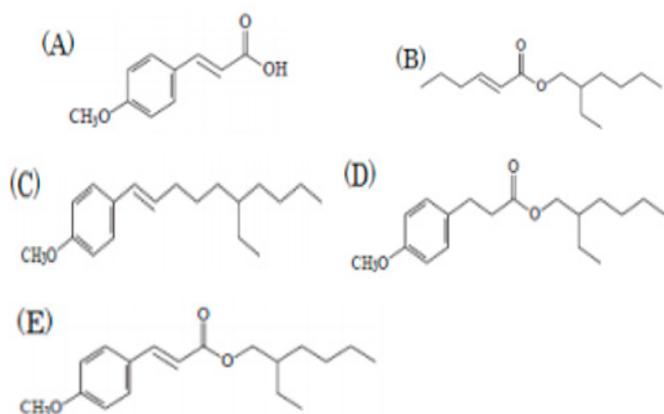


QUESTÕES DE REVISÃO



11. (ENEM - 2009)

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?



12. (UFTM - 2010)

Glutaraldeído (pentano-1,5-dial) é um potente microbiocida utilizado em hospitais, que tem ação sobre grande variedade de micro-organismos. Um dos compostos isômeros do glutaraldeído é a dicetona, denominada pentano-2,4-diona.

A) Escreva as fórmulas estruturais do glutaraldeído, da pentano-2,4-diona e as fórmulas estruturais de mais dois isômeros possíveis.

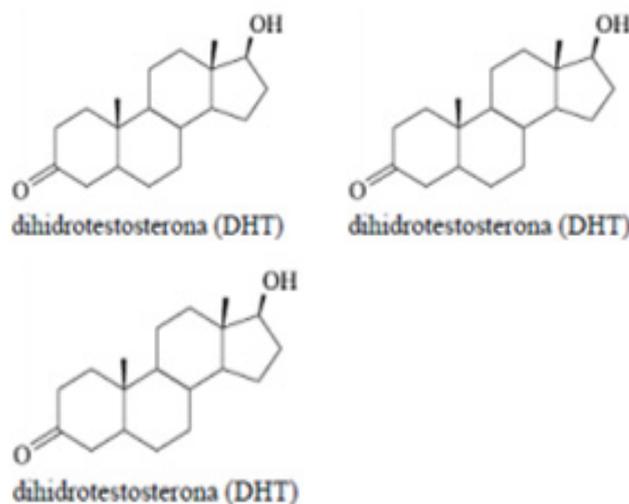
B) Uma das formas de diferenciar quimicamente aldeídos de cetonas é pela reação com íons Cu^{2+} em meio alcalino. Essa reação ocorre com aldeídos, mas não com cetonas:



Baseando-se nas informações dadas, escreva a equação balanceada dessa reação, quando o reagente é o glutaraldeído.

13. (UNESP - 2011)

Homens que começam a perder cabelo na faixa dos 20 anos podem ter maior risco de câncer de próstata no futuro. A finasterida – medicamento usado no tratamento da calvície – bloqueia a conversão da testosterona em um androgênio chamado dihidrotestosterona (DHT), que se estima estar envolvido na queda de cabelos. O medicamento também é usado para tratar câncer de próstata. (www.agencia.fapesp.br. Adaptado.)



Sobre a DHT, cuja fórmula está representada, é correto afirmar que:

A) é um hidrocarboneto aromático de fórmula molecular $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_2$.

B) é insolúvel em água e tem fórmula molecular $\text{C}_{17}\text{H}_{26}\text{O}_2$.

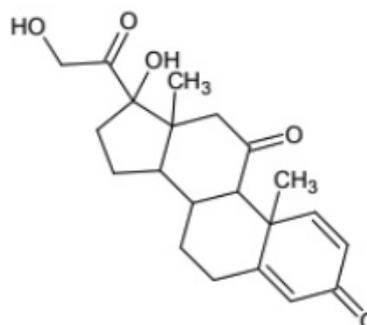
C) apresenta as funções fenol e cetona e fórmula molecular $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_2$.

D) é apolar e apresenta fórmula molecular $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{O}_2$.

E) apresenta as funções álcool e cetona e fórmula molecular $\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{O}_2$.

14. (PUC MINAS - 2016)

A Prednisona é um anti-inflamatório indicado para o tratamento de doenças endócrinas, respiratórias, dentre outras. Sua estrutura está representada





QUESTÕES DE REVISÃO

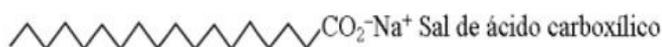


É uma função orgânica presente na estrutura da Prednisona:

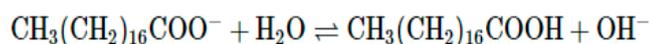
- A) Éster.
- B) Aldeído.
- C) Cetona.
- D) Fenol.

15. (ENEM 2009)

Sabões são sais de ácidos carboxílicos de cadeia longa utilizados com a finalidade de facilitar, durante processos de lavagem, a remoção de substâncias de baixa solubilidade em água, por exemplo, óleos e gorduras. A figura a seguir representa a estrutura de uma molécula de sabão.



Em solução, os ânions do sabão podem hidrolisar a água e, desse modo, formar o ácido carboxílico correspondente. Por exemplo, para o estearato de sódio, é estabelecido o seguinte equilíbrio:



Uma vez que o ácido carboxílico formado é pouco solúvel em água e menos eficiente na remoção de gorduras, o pH do meio deve ser controlado de maneira a evitar que o equilíbrio acima seja deslocado para a direita. Com base nas informações do texto, é correto concluir que os sabões atuam de maneira

- A) mais eficiente em pH básico.
- B) mais eficiente em pH ácido.
- C) mais eficiente em pH neutro.
- D) eficiente em qualquer faixa de pH.
- E) mais eficiente em pH ácido ou neutro.

16. (FUVEST - 2014)

A tabela a seguir contém dados sobre alguns ácidos carboxílicos:

Nome	Fórmula	Ponto de ebulição a 1 atm (°C)	Densidade a 20 °C (g/mL)
Ácido etanoico	H ₃ CCO ₂ H	118	1,04
Ácido n-butanoico	H ₃ C(CH ₂) ₂ CO ₂ H	164	0,96
Ácido n-pentanoico	H ₃ C(CH ₂) ₃ CO ₂ H	186	0,94
Ácido n-hexanoico	H ₃ C(CH ₂) ₄ CO ₂ H	205	0,93

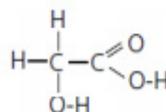
Assinale a alternativa que apresenta uma afirmação coerente com as informações fornecidas na tabela.

- A) A 20°C, 1 mL de ácido etanoico tem massa maior do que 1 mL de ácido n-pentanoico.
- B) O ácido propanoico (H₃CCH₂CO₂H) deve ter ponto de ebulição (a 1 atm) acima de 200°C.
- C) O acréscimo de um grupo -CH₂- à cadeia carbônica provoca o aumento da densidade dos ácidos carboxílicos.
- D) O aumento da massa molar dos ácidos carboxílicos facilita a passagem de suas moléculas do estado líquido para o gasoso.
- E) O ácido n-butanóico deve ter pressão de vapor menor que o ácido n-hexanoico, a uma mesma temperatura.

17. (UNICAMP - 2010)

Com a finalidade de manter uma imagem jovem, muitas pessoas procuram eliminar as rugas do rosto utilizando a quimioesfoliação (peeling químico), um processo que envolve algum risco à saúde. A quimioesfoliação consiste na aplicação de um ou mais agentes à pele, visando promover a esfoliação cutânea, o que leva à renovação celular e à eliminação das rugas. Dois tipos de peeling podem ser realizados: o superficial ou médio e o profundo.

- A) Para um peeling superficial ou médio, costuma-se usar uma solução da substância indicada



- B) Para um peeling químico profundo, pode-se usar uma microemulsão denominada solução de Baker-Gordon, que contém a substância cuja fórmula estrutural está representada abaixo.



Do ponto de vista da representação química, o hexágono com o círculo representa as possíveis estruturas ressonantes da cadeia carbônica. Desenhe essas possíveis estruturas ressonantes para a cadeia e escreva a fórmula molecular da substância.

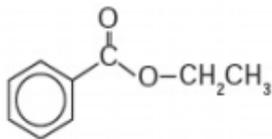


QUESTÕES DE REVISÃO



18. (ENEM - 2012)

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.

19. (ENEM - 2014)

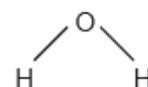
A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem 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

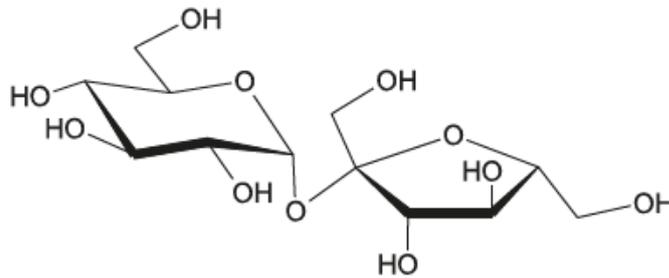
- A) $C_{18}H_{36}$.
- B) $C_{17}H_{33}COONa$.
- C) CH_3CH_2COONa .
- D) $CH_3CH_2CH_2COOH$.
- E) $CH_3CH_2CH_2CH_2OCHCH_2CH_2CH_3$

20. (ENEM-2020)

Um princípio importante na dissolução de solutos é que semelhante dissolve semelhante. Isso explica, por exemplo, o açúcar se dissolver em grandes quantidades na água, ao passo que o óleo não se dissolve.



Água



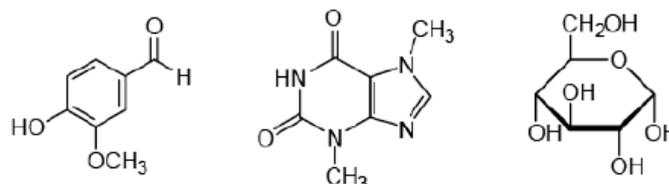
Açúcar

A dissolução na água, do soluto apresentado, ocorre predominantemente por meio da formação de

- A) ligações iônicas.
- B) ligações covalentes.
- C) interações íon-dipolo.
- D) ligações de hidrogênio.
- E) interações hidrofóbicas.

21. (ENEM-2020)

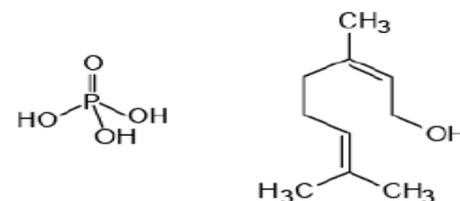
A composição de um dos refrigerantes mais ácidos mundialmente consumido é mantida em segredo pelos seus produtores. Existe uma grande especulação em torno da "fórmula" dessa bebida, a qual envolve algumas das seguintes substâncias:



I

II

III



IV

V

A substância presente nesse refrigerante, responsável pelo seu acentuado caráter ácido, é a

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



Fórmula da
Química

MÓDULO 9

FUNÇÕES NITROGENADAS

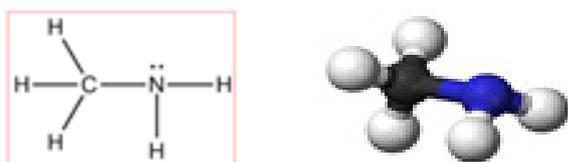
FUNÇÕES NITROGENADAS

As funções orgânicas nitrogenadas mais importantes são as aminas, amidas, nitrocompostos, nitrilas e isonitrilas. São compostos moleculares que possuem pelo menos um átomo de nitrogênio ligado a um átomo de carbono.

AMINAS

São compostos orgânicos derivados da amônia, NH_3 , pela substituição de um, dois ou três átomos de hidrogênio por grupos carbônicos.

Observe as representações da molécula da amina mais simples, a metilamina:

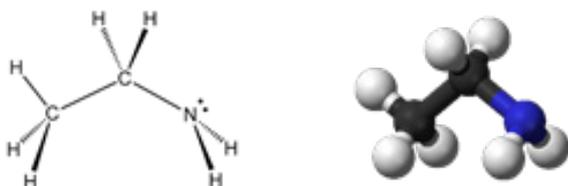


CLASSIFICAÇÃO

De acordo com o número de grupos orgânicos ligados ao nitrogênio

$\text{R}-\text{NH}_2$ Amina primária	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{NH} \\ \\ \text{R} \end{array}$ Amina Secundária	$\begin{array}{c} \text{R}-\text{N}-\text{R} \\ \\ \text{R} \end{array}$ Amina terciária
--	--	---

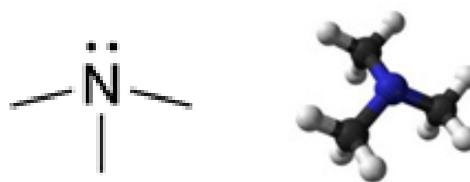
- Primária:** apenas um átomo de hidrogênio da molécula da amônia é substituído por um grupo orgânico. Pode ser representada como $\text{R}-\text{NH}_2$. Um exemplo de amina primária é a etilamina, substância gasosa nas condições ambientes. Observe as representações de sua fórmula estrutural e da organização dos átomos em 3D:



- Secundária:** dois átomos de hidrogênio da molécula de amônia são substituídos por grupos orgânicos. Pode ser representada por $\text{R}-\text{NH}-\text{R}'$. A dimetilamina é um exemplo de uma amina secundária. Observe que dois grupos metil estão ligados ao nitrogênio como mostra as figuras ao lado:

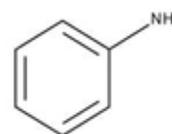


- Terciária:** os três átomos de hidrogênio da molécula de amônia são substituídos por grupos orgânicos. Pode ser representada por $\text{N}(\text{RR}'\text{R}'')$. A trimetilamina é a amina terciária mais simples. É muito volátil e está presente no peixe. Em suas moléculas, três grupos metil estão ligados ao átomo de nitrogênio, como representado nas figuras abaixo:



De acordo com o número de grupos amina

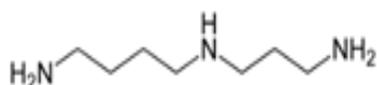
- Monoamina:** possui apenas um grupo amina ligado ao carbono. A fenilamina, cuja fórmula estrutural é representada abaixo, é uma monoamina aromática conhecida comercialmente como anilina. É um líquido oleoso de odor desagradável muito utilizado na produção de corantes.



- Diamina:** possui dois grupos amina ligados a átomos de carbono. A substância pentano-1,5-diamina (substância conhecida como cadaverina que possui aroma característico de cadáveres em decomposição) é uma diamina. Observe sua fórmula estrutural de linhas:

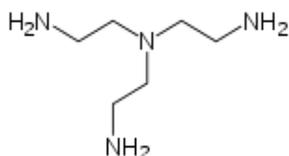


- Triamina:** possui três grupos amina ligados a átomos de carbono. A espermidina é um exemplo de triamina. Observe sua fórmula estrutural e os três grupos



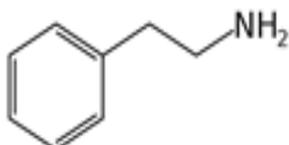
Spermidina

- **Poliamina:** possui quatro ou mais grupos amino ligados a átomos de carbono. A figura abaixo apresenta a fórmula estrutural de uma poliamina:



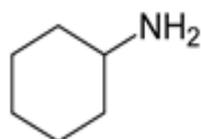
De acordo com a aromaticidade

- **Aromática:** possui em sua molécula pelo menos um anel aromático como a feniletilamina.



Feniletilamina

- **Alifática:** não possui anel aromático como a cicloexilamina



Cicloexilamina

NOMENCLATURA DAS AMINAS PRIMÁRIAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

Nome do hidrocarboneto de origem (sem a terminação o) + terminação amina.

$\text{CH}_3 - \text{NH}_2$ metanamina.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ etanamina

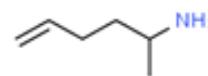
Quando a amina tiver três ou mais átomos de carbono, é preciso indicar a posição do grupo funcional amino. Veja como:

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$ propan-1-amina.

$\text{CH}_3\text{CHNH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ pentan-2-amina.

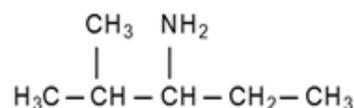
Se a amina apresenta insaturação, a preferência é do grupo funcional amino para numerar a cadeia carbônica. Veja:

Hex-5-en-2-amina



Se a ramificação estiver presente, ela terá a menor preferência em relação ao grupo amino. Observe o exemplo:

2-metilpentan-2-amina:



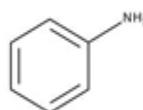
NOMENCLATURA USUAL DAS AMINAS PRIMÁRIAS

Nome do radical menor + terminação amina.

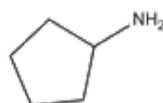
CH_3NH_2 metilamina.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_2$ etilamina.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ propilamina.



fenilamina.



Ciclopentilamina.

NOMENCLATURA DAS AMINAS SECUNDÁRIAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

N-nome do radical menor + nome do hidrocarboneto referente à parte maior sem a terminação o + terminação amina.

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

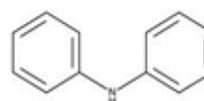
N-metiletanamina.

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

N-etilbutanamina.

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

N-etilpropanamina



N-fenil-benzenamina

NOMENCLATURA USUAL DAS AMINAS SECUNDÁRIAS

Nome do radical menor + nome do radical maior + terminação amina.

$\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_3$ dimetilamina

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_3$ dietilamina

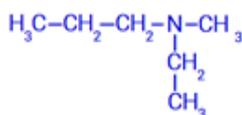
$\text{CH}_3 - \text{NH} - \text{CH}_2\text{CH}_3$ metiletilamina

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

propilbutilamina

NOMENCLATURA DAS AMINAS TERCIÁRIAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

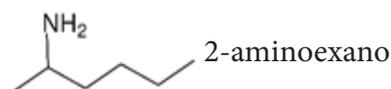
N - nome do radical menor + N - nome do radical menor (ordem alfabética) + nome do hidrocarboneto referente ao grupo maior + terminação amina.



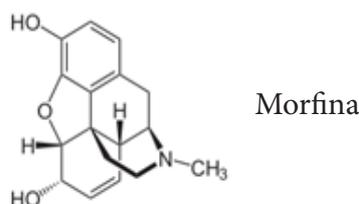
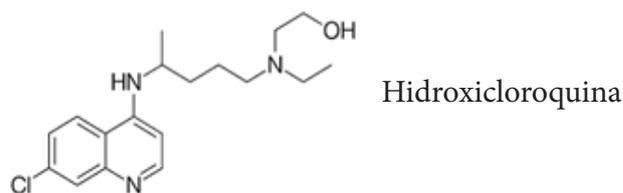
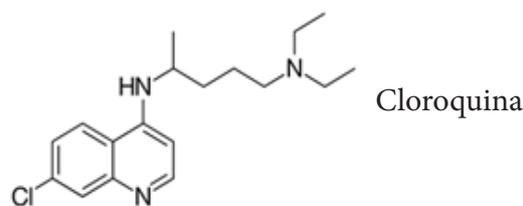
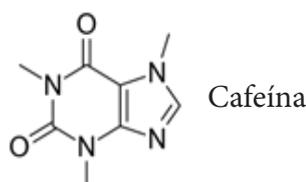
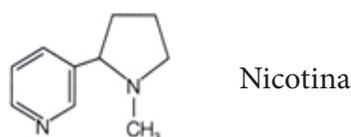
N - etil - N - metilpropanamina.

OUTRA NOMENCLATURA DE AMINAS PRIMÁRIAS

Uma outra maneira para nomear aminas primárias consiste em considerar que o grupo amina é uma ramificação ligada à cadeia principal. Veja como:

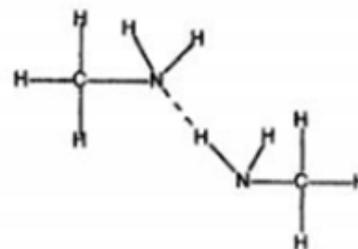


AMINAS FAMOSAS:



PROPRIEDADES FÍSICAS DAS AMINAS

As aminas são substâncias moleculares polares devido à presença do grupo amina. Quando o átomo de hidrogênio estabelece ligação covalente com átomo de nitrogênio muito eletronegativo, fica eletronicamente desprotegido o que favorece a formação de ligações de hidrogênio entre as moléculas das aminas, como representado na figura abaixo:

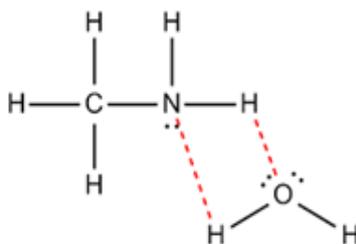


As moléculas das aminas também interagem entre si por meio de interações dipolo instantâneo-dipolo induzido e, quanto maior a cadeia carbônica, maior é a importância dessas forças para a coesão molecular. No entanto, o aumento da cadeia carbônica determina a redução da polaridade molecular e da intensidade das ligações de hidrogênio.

De acordo com os valores das temperaturas de fusão e ebulição de algumas aminas apresentados na tabela na próxima página, o aumento das cadeias carbônicas das monoaminas determina elevação dos valores devido à intensificação das forças dipolo instantâneo-dipolo induzido.

Nome	T.F (°C)	T.E (°C)	Solubilidade em água (25°C) (g/100mL)
Aminas Primárias			
Metilamina	- 94	-6	Muito solúvel
Etilamina	-81	17	Muito solúvel
Propilamina	-83	49	Muito solúvel
Butilamina	-51	78	Muito solúvel
Isobutilamina	-86	68	Muito solúvel
sec-Butilamina	-104	63	Muito solúvel
tert-Butilamina	-68	45	Muito solúvel
Cicloexilamina	-18	134	Ligeiramente solúvel
Benzilamina	10	185	Ligeiramente solúvel
Anilina	-6	184	3,7
Aminas Secundárias			
Dimetilamina	-92	7	Muito solúvel
Dietilamina	-48	56	Muito solúvel
Dipropilamina	-40	110	Muito solúvel
N-Metilnilina	-57	196	Ligeiramente solúvel
Difenilamina	53	302	Insolúvel
Aminas Terciárias			
Trimetilamina	-117	2,9	Muito solúvel
Trietilamina	-115	90	14
Tripropilamina	-93	156	Ligeiramente solúvel
N,N-Dimetilamina	3	194	Ligeiramente solúvel

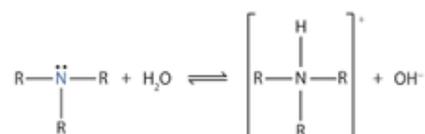
- Metilamina e etilamina são aminas gasosas e muito solúveis em água. Estão presentes em aromas produzidos por peixes.
- A dissolução dessas aminas muito polares ocorre devido à formação de ligações de nitrogênio entre suas moléculas e de água:



- O aumento da cadeia carbônica da molécula de uma amina, para o mesmo número de grupos amino, determina a redução da solubilidade em água, em decorrência do decréscimo da polaridade molecular. Por isso, monoaminas com mais de seis átomos de carbono são praticamente insolúveis em água.

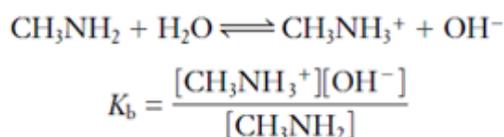
BASICIDADE DAS AMINAS

As aminas possuem propriedades básicas de acordo com a teoria ácido-base Brønsted-Lowry que considera que uma base é formada por espécies químicas receptoras de íons H^+ . Por exemplo, moléculas de aminas recebem íons hidrogênio de moléculas de água, como representado na equação química abaixo:



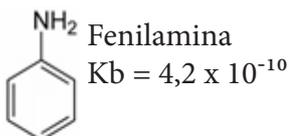
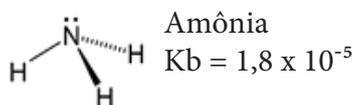
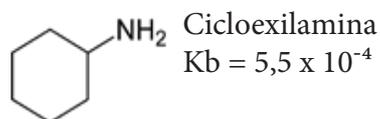
A basicidade de uma amina pode ser explicada pela presença de um par de elétrons não ligantes no átomo de nitrogênio, através do qual se estabelece a ligação com o íon hidrogênio, formando o íon amínio, resultante da protonação do grupo amino e formação de íons hidróxido (OH^-), que conferem a basicidade à sua solução aquosa.

A força básica de uma amina, na presença de água, é geralmente expressa através de sua constante de ionização (K_b), como representado na equação da ionização da metilamina em presença de água e sua constante de ionização (K_b):



Quanto maior o valor de K_b , maior é a força básica da amina.

As aminas alifáticas são bases mais fortes quando comparadas com a amônia. Mas as aminas aromáticas são bases mais fracas que a amônia. Veja a comparação entre a força básica da cicloexilamina, uma amina alifática, e a fenilamina, uma amina aromática:



Como explicar esses valores de K_b ?

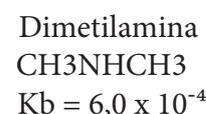
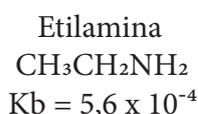
A amina alifática cicloexilamina possui grupo alquil ligado ao nitrogênio que exerce efeito eletrorrepelente, empurrando a nuvem eletrônica na direção do átomo do nitrogênio o que favorece maior disponibilidade do par eletrônico e a tendência para receber íons H^+ . Por isso, a cicloexilamina é uma base de Brønsted-Lowry mais forte que a amônia.

Já a fenilamina, uma amina aromática, é uma base muito mais fraca que a amônia. O grupo fenil ligado ao grupo amino, é aromático e, devido à deslocalização dos elétrons π , exerce efeito eletroatraente, diminuindo a densidade eletrônica no átomo de nitrogênio e a disponibilidade para a captura de íons hidrogênio, isto é, reduzindo a basicidade, significativamente em relação a amônia.

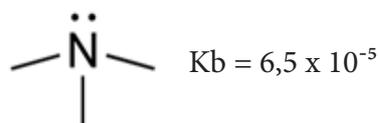
No caso das aminas alifáticas, a seguinte ordem decrescente de força básica pode ser estabelecida entre aminas alifáticas de cadeias carbônicas de extensões próximas:

Amina secundária > amina primária > amina terciária.

No caso das aminas secundárias, em relação às aminas primárias com massas molares muito próximas, os efeitos eletrorrepelentes exercidos pelos grupos orgânicos ligados ao nitrogênio, promovem maior disponibilidade do par eletrônico não ligante do nitrogênio para receber o íon hidrogênio, tornando-as ligeiramente mais básicas.



Já as aminas terciárias, com massas molares próximas, tendem a ser bases mais fracas, dentre as aminas alifáticas. Veja o exemplo da trimetilamina:

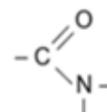


A molécula da trimetilamina possui três grupos metila ligados ao átomo de nitrogênio, um átomo relativamente pequeno. Com isso, o par de elétrons de valência não ligantes do nitrogênio fica parcialmente obstruído, causando impedimento espacial para a captura de íons hidrogênio, reduzindo sua força básica.

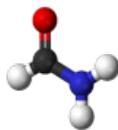
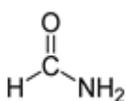
E, de uma maneira geral, quanto maiores as cadeias carbônicas das aminas alifáticas, maiores são as forças básicas porque se intensifica o efeito eletrorrepelente dos grupos orgânicos ligados ao nitrogênio, determinando maior tendência para receber íons hidrogênio da água ou de um ácido. Por exemplo, a butilamina é uma base mais forte que a etilamina.

AMIDAS

São compostos orgânicos derivados dos ácidos carboxílicos por substituição da hidroxila por um átomo de nitrogênio. O grupo funcional se chama amida.

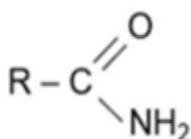


A metanamida é a amida mais simples. É um líquido incolor, ligeiramente viscoso e higroscópico, utilizado na produção de ácido fórmico e ácido cianídrico. Observe suas representações:

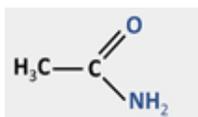


CLASSIFICAÇÃO

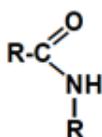
- **Amidas não substituídas:** o átomo de nitrogênio se liga à dois átomos de nitrogênio. Apresentam a estrutura geral:



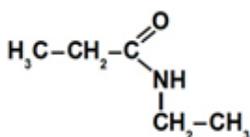
A etanamida é uma amida não substituída. Veja sua fórmula estrutural:



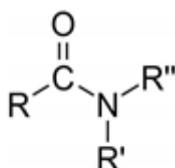
- **Amidas monossustituídas:** o átomo de nitrogênio se liga a apenas a um átomo de hidrogênio. Apresentam a estrutura geral:



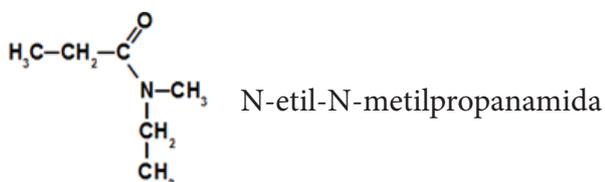
Observe a estrutura da amida monossustituída denominada N-etilpropanamida:



- **Amidas dissustituídas:** o átomo de nitrogênio não se liga a átomos de hidrogênio. Possui a seguinte estrutura geral:

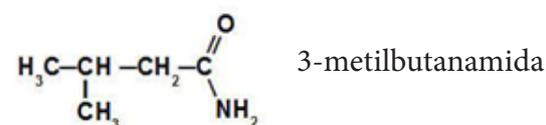
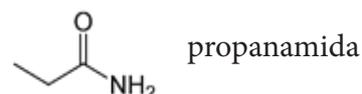
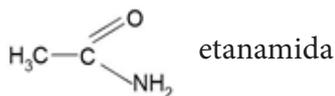
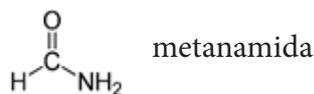


A amida representada abaixo é dissustituída:



NOMENCLATURA DAS AMIDAS NÃO SUBSTITUÍDAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

Nome do ácido carboxílico de origem sem a terminação oico + terminação amida.

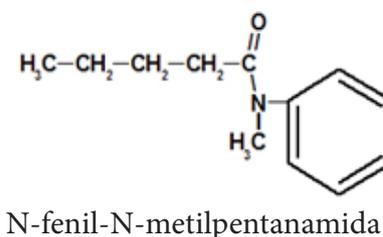
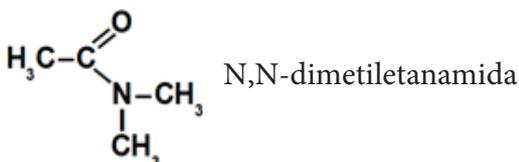
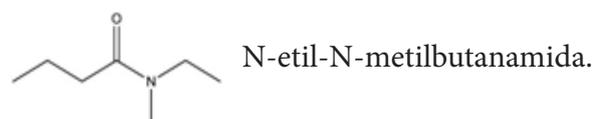


NOMENCLATURA DAS AMIDAS MONOSSUBSTITUÍDAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

N-nome do radical ligado ao nitrogênio + nome do ácido carboxílico de origem sem a terminação oico + terminação amina.

NOMENCLATURA DAS AMIDAS DISSUBSTITUÍDAS DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

N-nome do radical ligado ao nitrogênio, N-nome do radical ligado ao nitrogênio (em ordem alfabética) + nome do ácido carboxílico de origem sem a terminação oico + terminação amida.



PROPRIEDADES FÍSICAS DAS AMIDAS

Amida	Massa molar (g/mol)	PF (°C)	PE (°C)
HCONH ₂	45	3	275
H ₃ CCONH ₂	59	81	222
H ₃ CCONH(CH ₃)	73	28	206
H ₃ CCON(CH ₃) ₂	87	6	166
H ₃ CCH ₂ CONH ₂	73	80	213
H ₃ CCH ₂ CH ₂ ONH ₂	87	116	216

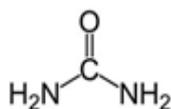
- O aumento do tamanho da cadeia carbônica promove elevações dos pontos de fusão e ebulição devido à intensificação das interações dipolo instantâneo-dipolo induzido.
- As amidas não substituídas com massas molares próximas tendem a ter maiores temperaturas de fusão e de ebulição em relação às amidas mono e dissustituídas, pois possuem mais ligações N-H que favorecem a formação de ligações de hidrogênio mais intensas.
- Quando se compara uma amida monossustituída com uma dissustituída com massas molares próximas, a segunda tende a ter pontos de fusão e ebulição bem menores porque não há a formação de ligações de hidrogênio entre suas moléculas devido a ausência de ligações N-H, mas de ligações intermoleculares dipolo-dipolo, menos intensas.

PROPRIEDADES BÁSICAS DAS AMIDAS

As amidas são bases muito mais fracas que as aminas. A presença do grupo carbonila (C=O) ligado ao átomo de nitrogênio da ligação N-H favorece a deslocalização de elétrons na direção da carbonila, reduzindo a densidade eletrônica no átomo de nitrogênio e a tendência para a captura de ions H⁺. Com isso, a força básica é drasticamente reduzida e a natureza básica das amidas é pouco significativa. Portanto, as amidas não têm propriedades ácido-base claramente perceptíveis na água.

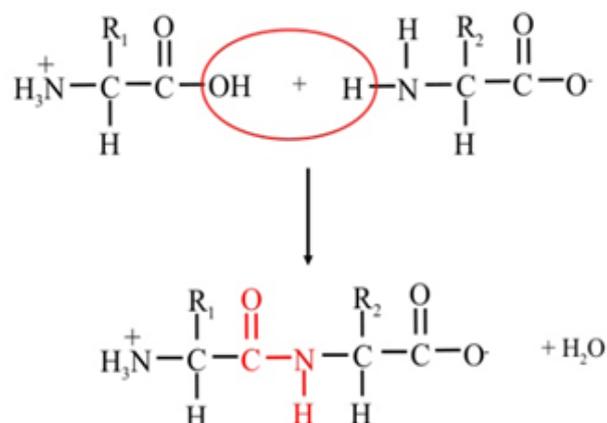
AMIDAS FAMOSAS

A amida mais famosa é a ureia, um sólido cristalino incolor de fórmula molecular (NH₂)₂CO. Sua fórmula estrutural é apresentada a seguir:



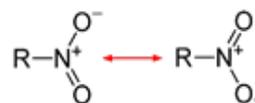
A ureia é uma substância produzida pelo fígado, como resultado do metabolismo das proteínas provenientes da alimentação. Após metabolização, a uréia circulante no sangue é filtrada pelos rins e eliminada na urina. Na forma sintética é utilizada como fertilizante agrícola nitrogenado.

As proteínas são polímeros de aminoácidos com a função amida. Durante a formação da ligação peptídica entre os grupos amino e carboxila de aminoácidos, ocorre a formação do grupo funcional amida. Veja através do exemplo abaixo em que aminoácidos diferentes reagem com formação de um dipeptídeo com a presença do grupo amida:



NITROCOMPOSTOS

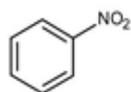
São compostos orgânicos derivados dos hidrocarbonetos pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio pelo grupo nitro (NO₂). São utilizados na produção de explosivos, corantes e combustíveis. Observe as representações de um nitrocomposto, com destaque para a deslocalização de elétrons do grupo nitro:



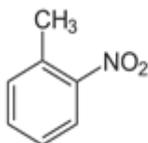
NOMENCLATURA DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

Nitro + nome do hidrocarboneto de origem

- CH₃NO₂ nitrometano (é utilizado como aditivo de combustível em carros de corrida, aeromodelos e foguetes).
- CH₃CH₂NO₂ nitroetano (é um líquido sem cor, com odor de frutas e utilizado como solvente de derivados da celulose).



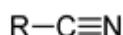
- nitrobenzeno (é um composto orgânico venenoso, líquido oleoso insolúvel em água e utilizado como solvente orgânico).



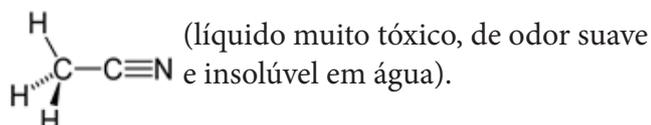
- o-nitrotolueno (líquido oleoso, incolor, venenoso, utilizado como solvente orgânico).

NITRILAS OU CIANETOS

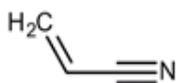
São compostos derivados do cianeto de hidrogênio, HCN, pela substituição de um átomo de hidrogênio por grupos carbônicos alquila ou arila.



A etanonitrila é a nitrila mais simples e apresenta a fórmula estrutural:

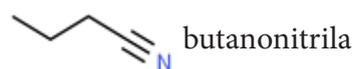
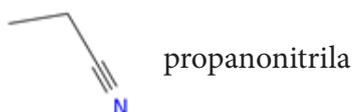


A nitrila insaturada mais importante é a acrilonitrila. É usada na fabricação de polímeros acrílicos, como as lãs sintéticas, como o orlon:



NOMENCLATURA DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

Nome do hidrocarboneto + nitrila



NOMENCLATURA USUAL

Cianeto + nome do radical ligado ao grupo cianeto.

CH₃CN cianeto de metila.

CH₃CH₂CN cianeto de etila

CH₃CH₂CH₂CN cianeto de propila.

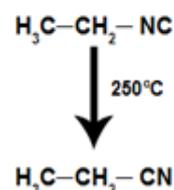
ISONITRILAS, ISOCIANETOS OU CARBILAMINAS

São compostos orgânicos derivados do ácido isocianídrico (H - N≡C). São menos estáveis que as nitrilas. Quando aquecidas, tendem a se converter em nitrilas.

Observe as estruturas de ressonância do grupo funcional isocianeto:

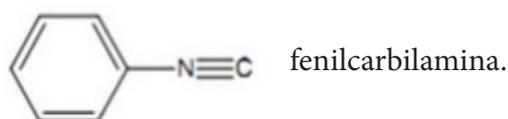
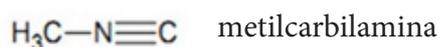
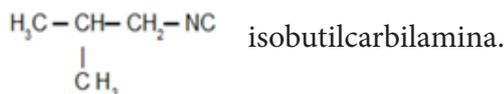


O isocianeto de etila é uma isonitrila muito comum. Quando aquecida até 250 °C, é convertida em cianeto de metila, como representado na equação abaixo:



NOMENCLATURA DE ACORDO COM AS REGRAS DA IUPAC

Nome do radical + carbilamina



NOMENCLATURA USUAL

Isocianeto + nome do radical

CH₃-NC isocianeto de metila.

CH₃CH₂-NC isocianeto de etila

CH₃CH₂CH₂NC isocianeto de propila.

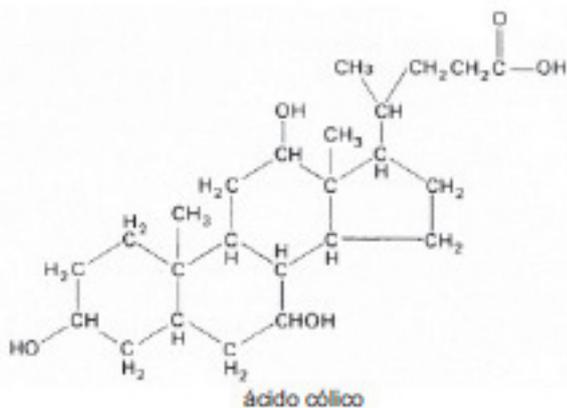


QUESTÕES DE REVISÃO



1. (ENEM - 2011)

A bile é produzida pelo fígado, armazenada na vesícula biliar e tem papel fundamental na digestão de lipídeos. Os sais biliares são esteróides sintetizados no fígado a partir do colesterol, e sua rota de síntese envolve várias etapas. Partindo do ácido cólico representado na figura, ocorre a formação dos ácidos glicocólico e taurocólico; o prefixo glico- significa a presença de um resíduo do aminoácido glicina e o prefixo tauro-, do aminoácido taurina.



UCND, D. A. Química para as Ciências da Saúde: uma Introdução à Química Geral, Orgânica e Biológica. São Paulo: Manole, 1992 (adaptado).

A combinação entre o ácido cólico e a glicina ou taurina origina a função amida, formada pela reação entre o grupo amina desses aminoácidos e o grupo

- A) carboxila do ácido cólico.
- B) aldeído do ácido cólico.
- C) hidroxila do ácido cólico.
- D) cetona do ácido cólico.
- E) éster do ácido cólico

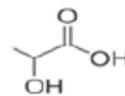
2. (UERJ - 2013)

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:

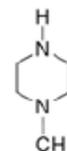
- (A) propilamina
- (B) trimetilamina
- (C) etilmetilamina
- (D) isopropilamina

3. (UNICAMP - 2016)

Com a crescente crise mundial de dengue, as pesquisas pela busca tanto de vacinas quanto de repelentes de insetos têm se intensificado. Nesse contexto, os compostos I e II abaixo representados têm propriedades muito distintas: enquanto um deles tem caráter ácido e atrai os insetos, o outro tem caráter básico e não os atrai.



I



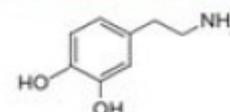
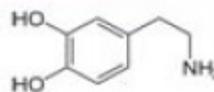
II

Baseado nessas informações pode-se afirmar corretamente que o composto

- A) I não atrai os insetos e tem caráter básico.
- B) II atrai os insetos e tem caráter ácido.
- C) II não atrai os insetos e tem caráter básico.
- D) I não atrai os insetos e tem caráter ácido e básico.

4. (UNICAMP - 2016)

Atualmente, parece que a Química vem seduzindo as pessoas e tem-se observado um número cada vez maior de pessoas portando tatuagens que remetem ao conhecimento químico. As figuras a seguir mostram duas tatuagens muito parecidas, com as correspondentes imagens tatuadas mais bem definidas abaixo.



As imagens representam duas fórmulas estruturais, que correspondem a dois

- A) compostos que são isômeros entre si.
- B) modos de representar o mesmo composto.
- C) compostos que não são isômeros.
- D) compostos que diferem nas posições das ligações duplas.

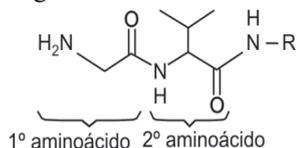


QUESTÕES DE REVISÃO



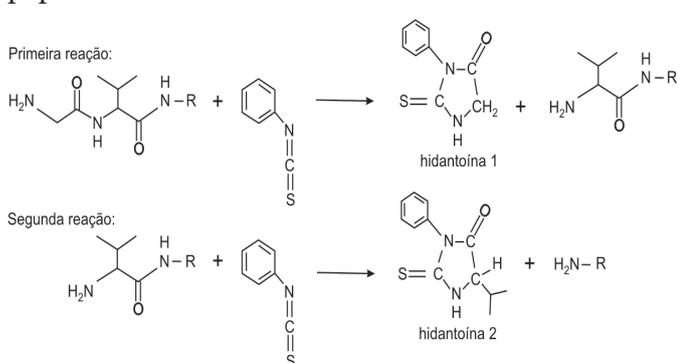
5. (FUVEST - 2012)

Peptídeos são formados por seqüências de aminoácidos, como exemplificado para o peptídeo a seguir:



em que R representa o restante da cadeia do peptídeo

Para identificar os dois primeiros aminoácidos desse peptídeo e também a seqüência de tais aminoácidos, foram efetuadas duas reações químicas. Na primeira reação, formaram-se uma hidantoína e um novo peptídeo com um aminoácido a menos. Esse novo peptídeo foi submetido a uma segunda reação, análoga à anterior, gerando outra hidantoína e outro peptídeo:



O mesmo tipo de reação foi utilizado para determinar a seqüência de aminoácidos em um outro peptídeo de fórmula desconhecida, que é formado por apenas três aminoácidos. Para tanto, três reações foram realizadas, formando-se três hidantoínas, na ordem indicada na página de resposta. Preencha a tabela da página de resposta, escrevendo

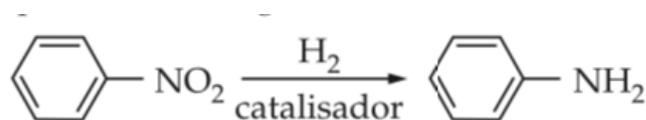
a) as fórmulas dos três aminoácidos que correspondem às três respectivas hidantoínas formadas;

b) a fórmula estrutural do peptídeo desconhecido formado pelos três aminoácidos do item a).

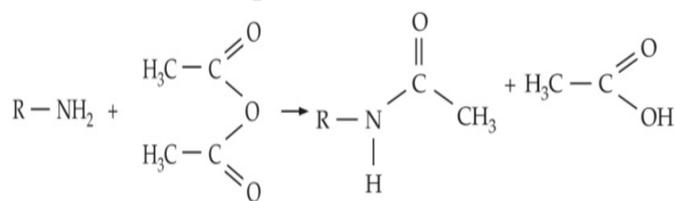
hidantoína			
	primeira hidantoína	segunda hidantoína	terceira hidantoína
a)			
aminoácido			
b)			
peptídeo formado pelos três aminoácidos do item a)			

6. (FUVEST - 2015)

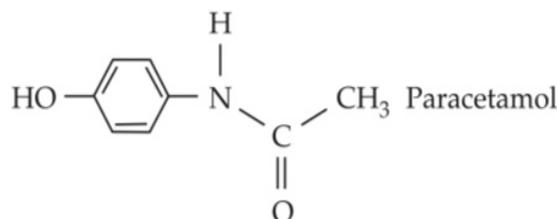
Compostos com um grupo NO₂ ligado a um anel aromático podem ser reduzidos, sendo o grupo NO₂ transformado em NH₂, como representado ao lado.



Compostos alifáticos ou aromáticos com grupo NH₂, por sua vez, podem ser transformados em amidas ao reagirem com anidrido acético. Essa transformação é chamada de acetilação do grupo amino, como exemplificado ao lado.

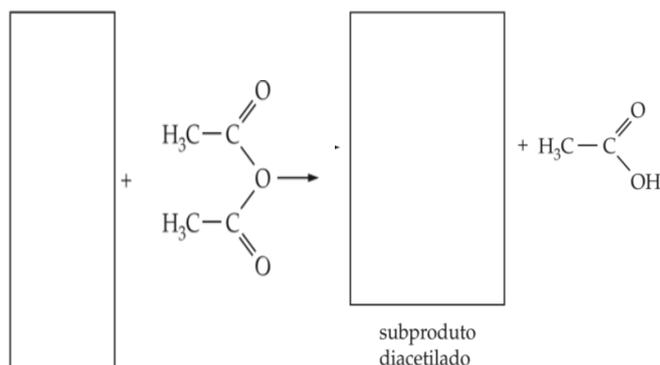


Essas transformações são utilizadas para a produção industrial do paracetamol, que é um fármaco empregado como analgésico e antitérmico.



a) Qual é o reagente de partida que, após passar por redução e em seguida por acetilação, resulta no paracetamol? Escreva a fórmula estrutural desse reagente. O fenol (C₆H₅OH) também pode reagir com anidrido acético. Nessa transformação, forma-se acetato de fenila.

b) Na etapa de acetilação do processo industrial de produção do paracetamol, formam-se, também, ácido acético e um subproduto diacetilado (mas monoacetilado no nitrogênio). Complete o esquema da página de respostas, de modo a representar a equação química balanceada de formação do subproduto citado.



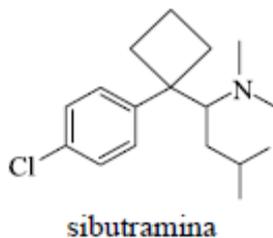


QUESTÕES DE REVISÃO



7. (UNESP – 2011)

A sibutramina, cuja estrutura está representada, é um fármaco indicado para o tratamento da obesidade e seu uso deve estar associado a uma dieta e exercícios físicos.

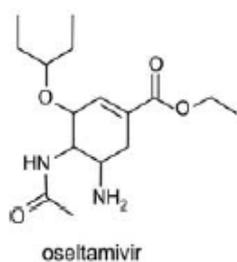


Com base nessa estrutura, pode-se afirmar que a sibutramina:

- A) é uma base de Lewis, porque possui um átomo de nitrogênio que pode doar um par de elétrons para ácidos.
- B) é um ácido de Brønsted-Lowry, porque possui um átomo de nitrogênio terciário.
- C) é um ácido de Lewis, porque possui um átomo de nitrogênio capaz de receber um par de elétrons de um ácido.
- D) é um ácido de Arrhenius, porque possui um átomo de nitrogênio capaz de doar próton.
- E) é uma base de Lewis, porque possui um átomo de nitrogênio que pode receber um par de elétrons de um ácido.

8. (FUVEST - 2011)

Em 2009, o mundo enfrentou uma epidemia, causada pelo vírus A (H_1N_1), que ficou conhecida como gripe suína. A descoberta do mecanismo de ação desse vírus permitiu o desenvolvimento de dois medicamentos para combater a infecção, por ele causada, e que continuam necessários, apesar de já existir e estar sendo aplicada a vacina contra esse vírus. As fórmulas estruturais dos princípios ativos desses medicamentos são:

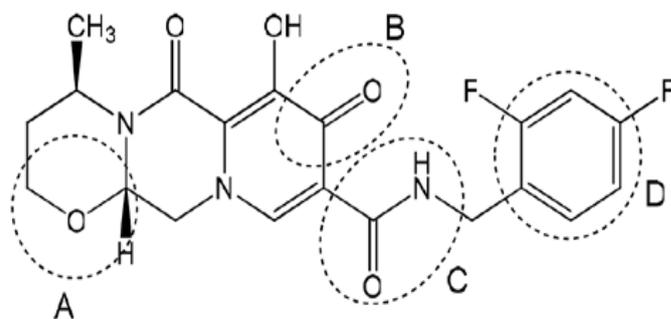


Examinando-se as fórmulas desses compostos, verifique-se que dois dos grupos funcionais que estão presentes no oseltamivir estão presentes também no zanamivir. Esses grupos são característicos de

- A) amidas e éteres.
- B) ésteres e álcoois.
- C) ácidos carboxílicos e éteres.
- D) ésteres e ácidos carboxílicos.
- E) amidas e álcoois.

9. (FPS PE/2017)

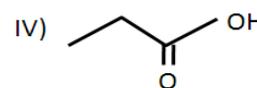
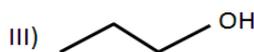
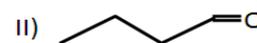
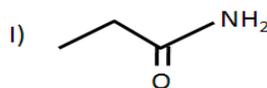
“O Dolutegravir, um novo medicamento antirretroviral para o tratamento do HIV, vírus causador da Aids, estará disponível no SUS, a partir de 2017, de acordo com anúncio feito nesta quarta-feira (28/09/2016) pelo Ministério da Saúde”. De acordo com a estrutura química do novo medicamento descrita abaixo, as funções orgânicas discriminadas pelas circunferências A, B, C e D são, respectivamente:



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

10. (FCMMG - 2011)

Em qual alternativa as substâncias estão colocadas em ordem crescente, de acordo com sua volatilidade.



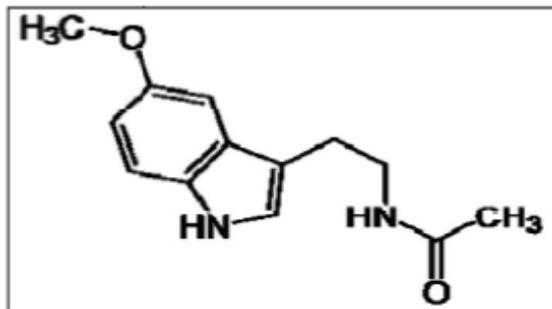
- A) I, IV, III, II.
- B) II, IV, I, III.
- C) IV, I, III, II.
- D) IV, III, II, I.



QUESTÕES DE REVISÃO



11. (FCMMG - 2014)



“A melatonina é um hormônio responsável pela regulação do sono. Em um ambiente escuro e calmo, os níveis da substância no organismo aumentam naturalmente, o que gera a vontade de dormir. Com o passar dos anos, menos hormônio é produzido pela glândula pineal, o que pode causar insônia ou sono leve.”

(Estado de Minas 28/8/13 – caderno de Ciências).
Analisando a estrutura da melatonina, na figura, foram feitas as seguintes afirmativas:

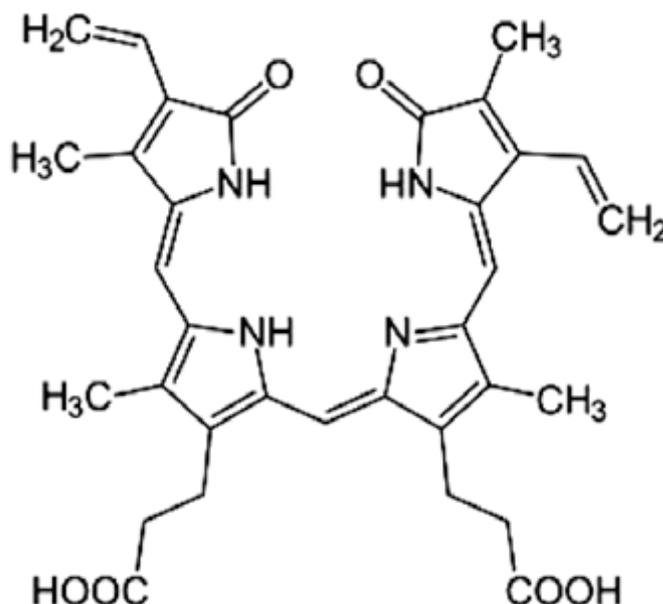
- I. Apresenta fórmula molecular $C_{13}H_{16}N_2O_2$.
- II. Contém cinco insaturações e duas funções oxigenadas.
- III. Contém átomos de carbono tetraédricos, trigonais e digonal.
- IV. Possui apenas funções éter e amina, não apresentando estereoisômeros.

Estão CORRETAS as afirmativas

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

12. (PUC SP/2019)

As porfirinas são grupos prostéticos de algumas proteínas importantes. São compostos cíclicos que se ligam a íons metálicos. Em mamíferos, a principal porfirina é o heme, sendo encontrado, por exemplo, na hemoglobina, na mioglobina, na catalase e no citocromo c. No processo de degradação do heme ocorre a formação de um pigmento verde, a biliverdina. Essa é reduzida, formando a bilirrubina, um composto vermelho alaranjado. Em um hematoma, a variação de cores reflete a presença dos intermediários na degradação do heme. Observe a fórmula estrutural da biliverdina.

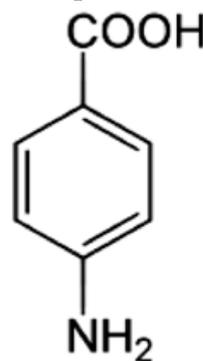


Sobre a biliverdina podemos afirmar que

- A) possui apenas as funções orgânicas amida e ácido carboxílico.
- B) possui apenas carbonos primários e terciários.
- C) é um polímero cujo monômero é o aminoácido.
- D) possui 32 elétrons da camada de valência não compartilhados.

13. (UNITAU SP/2019)

A figura abaixo representa uma molécula importante na síntese da vitamina B9 (ácido fólico) realizada pelas bactérias intestinais.



Com relação a essa molécula, afirma-se:

- I. É um composto de função mista e que apresenta uma função aldeído.
- II. O nome é ácido p-aminobenzoico.
- III. Apresenta um anel aromático, com duas ramificações.
- IV. Apresenta uma função nitrila.

Está CORRETO o que se afirma em

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

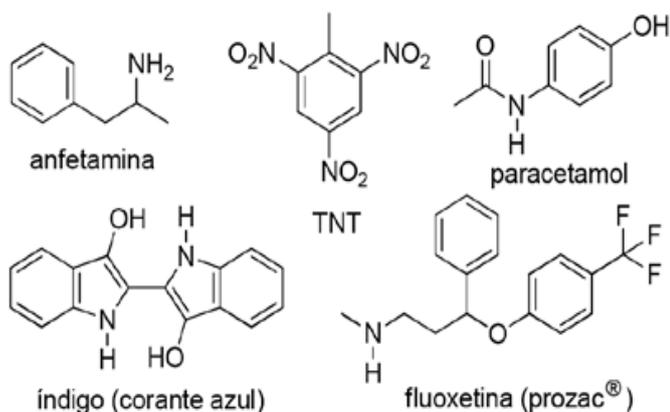


QUESTÕES DE REVISÃO



14. (FPS PE/2018)

A aplicação de compostos nitrogenados em química orgânica sintética é muito diversificada e envolve a preparação de medicamentos, corantes, explosivos e vitaminas. Observe os compostos abaixo.



Sobre esses compostos, assinale a afirmativa incorreta.

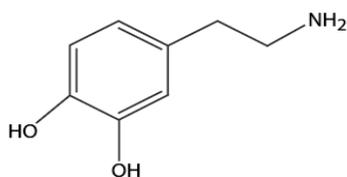
- A) O TNT é um nitro-composto.
- B) A porção nitrogenada da fluoxetina é uma amina secundária.
- C) O TNT tem maior caráter básico que a anfetamina.
- D) O índigo possui anéis heteroaromáticos em sua estrutura.
- E) A porção nitrogenada do paracetamol é uma amida.

15. (FATEC SP/2018)

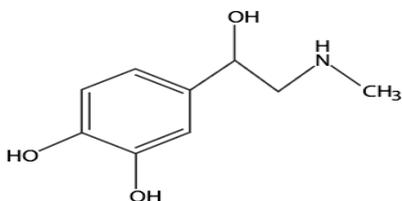
A capacidade de resiliência dos indivíduos está diretamente ligada ao controle e à administração das emoções.

Em diversas situações cotidianas, o organismo produz moléculas capazes de influenciar as emoções e o comportamento humano.

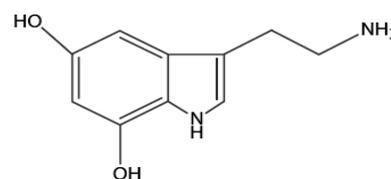
Observe as fórmulas estruturais de algumas dessas moléculas.



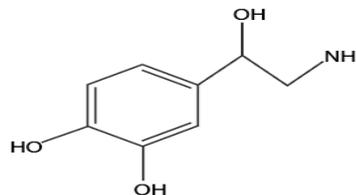
Dopamina: produz sensação de satisfação e prazer.



Adrenalina: liberada na reação de luta e fuga.



Serotonina: regula o humor, o sono e a atividade sexual.



Noradrenalina: responsável pelo comportamento diante de situação de risco.

As funções orgânicas comuns às moléculas ilustradas são

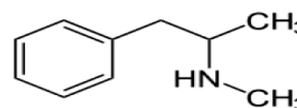
- A) álcool e amina.
- B) álcool e amida.
- C) fenol e amida.
- D) fenol e amina.
- E) fenol e nitrila

16. (IFMT/2018)

Uma premiada série de televisão norte-americana era apresentada com a logomarca abaixo, que representa uma gíria usada no sul dos Estados Unidos. Sua tradução significa informalmente: “jogar tudo pro alto”.



Nessa série, um brilhante professor de química vive um colapso emocional ao se descobrir com câncer no pulmão, tendo que cuidar do filho com paralisia cerebral e da esposa grávida. Para pagar suas dívidas, opta, portanto, pelo caminho do crime e produz com um ex-aluno a metanfetamina, droga potente e altamente viciante, cuja fórmula é apresentada a seguir:



Em se tratando de metanfetamina, nela há a função:

- A) amida
- B) nitrila
- C) amina
- D) isonitrila
- E) nitrocomposto



17. (UERJ/2018)

A dopamina e a adrenalina são neurotransmissores que, apesar da semelhança em sua composição química, geram sensações diferentes nos seres humanos. Observe as informações da tabela:

Neurotransmissor	Fórmula estrutural	Sensação produzida
dopamina		felicidade
adrenalina		medo

Indique a função química que difere a dopamina da adrenalina e nomeie a sensação gerada pelo neurotransmissor que apresenta menor massa molecular. Identifique, ainda, o neurotransmissor com isomeria óptica e escreva sua fórmula molecular.

18. (UDESC SC/2018)

Em um Laboratório de Química Orgânica existem diversas substâncias químicas, como metanol, acetato de etila, trietilamina e acetato de sódio.

Considerando essas quatro substâncias, analise as proposições.

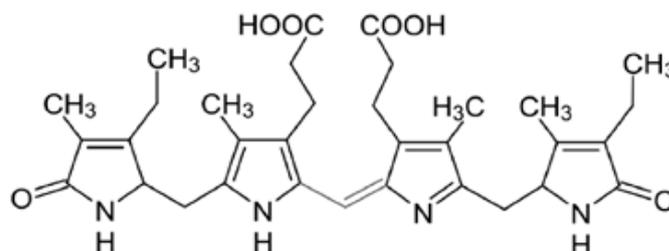
- A trietilamina não realiza ligações de hidrogênio entre suas moléculas.
 - O acetato de sódio apresenta somente ligações covalentes polares.
 - O acetato de etila é um éter e apresenta ligações covalentes polares.
 - O metanol apresenta ligações covalentes polares e não realiza ligações de hidrogênio entre suas moléculas.
 - As quatro substâncias apresentam somente ligações covalentes polares e apolares.
- Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e V são verdadeiras.
- Somente a afirmativa I é verdadeira.
- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.

19. (IFBA/2018)

A cor amarela do xixi se deve a uma substância chamada urobilina, formada em nosso organismo a partir da degradação da hemoglobina. A hemoglobina liberada pelas hemácias, por exemplo, é quebrada ainda no sangue, formando compostos menores que são absorvidos pelo fígado, passam pelo intestino e retornam ao fígado, onde são finalmente transformados em urobilina. Em seguida, a substância de cor amarelada vai para os rins e se transforma em urina, junto com uma parte da água que bebemos e outros ingredientes. Xixi amarelo demais pode indicar que você não está bebendo água o suficiente. O ideal é que a urina seja bem clarinha.

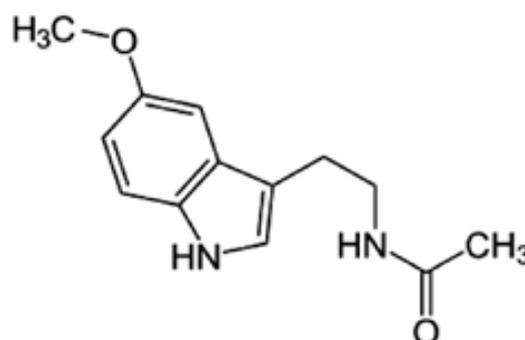
Quais são as funções orgânicas representadas na estrutura da urobilina?



- Aldeído, Ácido Carboxílico e Cetona
- Amida, Amina, Ácido Carboxílico
- Cetona, Amina e Hidrocarboneto
- Ácido Carboxílico, Amida e Fenol
- Fenol, Amina e Amida

20. (UFRGS RS/2018)

A melatonina, composto representado abaixo, é um hormônio produzido naturalmente pelo corpo humano e é importante na regulação do ciclo circadiano.



Nessa molécula, estão presentes as funções orgânicas

- amina e éster.
- amina e ácido carboxílico.
- hidrocarboneto aromático e éster.
- amida e ácido carboxílico.
- amida e éter.



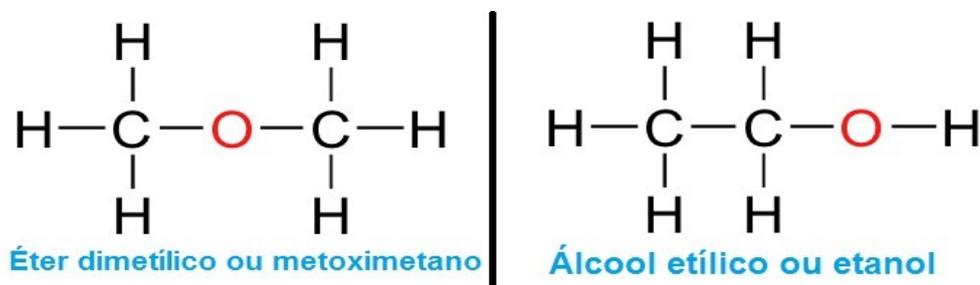
Fórmula da
Química

MÓDULO 12

ISOMERIA

ISOMERIA

Isomeria é uma propriedade de compostos orgânicos diferentes que possuem a mesma fórmula molecular. Por exemplo: o éter dimetílico e etanol são substâncias orgânicas diferentes, mas apresentam a mesma fórmula molecular. Observe suas fórmulas estruturais:



A isomeria se divide em duas classes:

1. **Isomeria plana.**
2. **Isomeria espacial.**

Os isômeros planos, também denominados isômeros estruturais ou constitucionais, possuem fórmulas estruturais diferentes, apesar de apresentarem a mesma fórmula molecular. Suas propriedades físicas e químicas são diferentes.

Os isômeros espaciais, também denominados estereoisômeros, são formados por moléculas que possuem fórmulas moleculares e estruturais iguais, mas suas fórmulas espaciais são diferentes, isto é, as disposições espaciais dos átomos nas moléculas são diferentes. Dependendo do tipo de isomeria espacial, as propriedades físicas e químicas podem ser diferentes, como no caso dos isômeros geométricos, ou semelhantes, como no caso dos Isômeros ópticos.

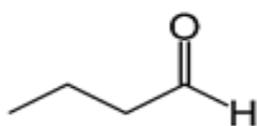
ISOMERIA PLANA

Os isômeros planos, estruturais ou constitucionais pode ser classificados como:

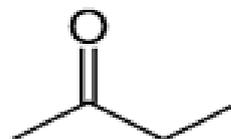
ISÔMEROS DE FUNÇÃO

São substâncias que pertencem à funções orgânicas diferentes. Veja alguns exemplos:

- 1) Isomeria entre aldeído e cetona

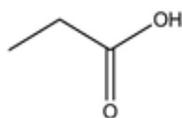


Butanal (Aldeído)

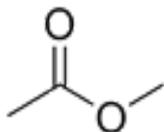


Butanona (Cetona)

2) Isomeria entre ácido carboxílico e éster:



Ácido propanóico (Ácido carboxílico)

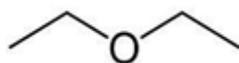


Etanoato de metila (Éster)

3) Isomeria entre um álcool e um éter

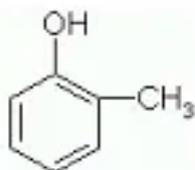


Butanol (Álcool)

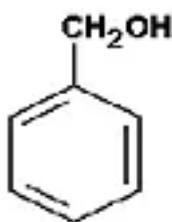


Etoxietano (Éter)

4) Isomeria entre um álcool aromático e um fenol:



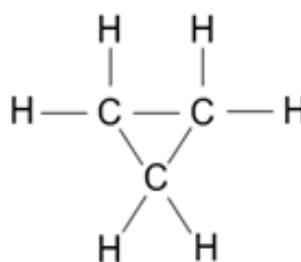
orto-metil-fenol
fenol



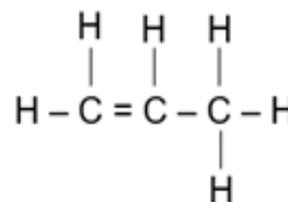
álcool benzílico
álcool aromático

ISÔMEROS DE CADEIA

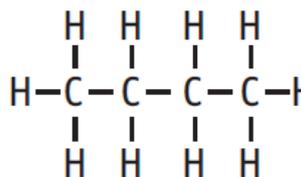
São substâncias de uma mesma função orgânica, mas suas moléculas possuem cadeias carbônicas que apresentam classificações diferentes, como mostrado nos exemplos ao lado:



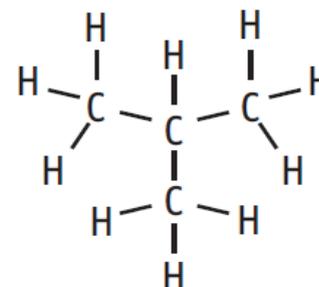
Ciclopropano



Propeno



Butano



Metilpropano

ISÔMEROS DE POSIÇÃO

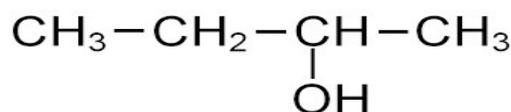
São compostos que pertencem à mesma função orgânica, possuem cadeias carbônicas que recebem classificações idênticas, mas se diferem pela posição do grupo funcional, da insaturação ou de grupos ramificados. Compare os exemplos de isômeros de posição:

Isômeros de posição

Fórmula molecular: C₅H₁₀O



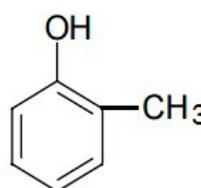
Butan-1-ol



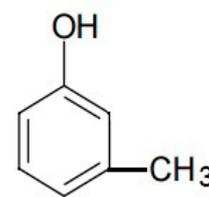
Butan-2-ol

Isômeros de posição

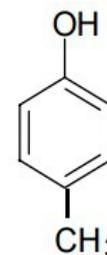
do
2-metilfenol



Ortometilfenol

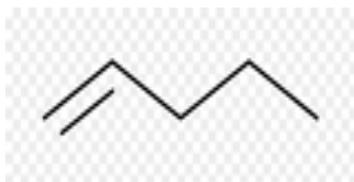


Metametilfenol

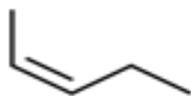


Parametilfenol

Fórmula molecular: C₇H₈O



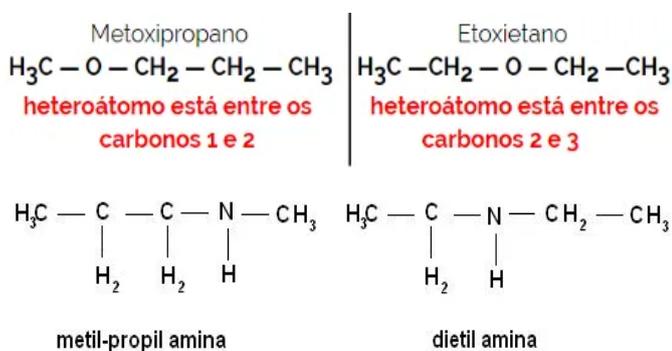
Pent-1-eno



pent-2-eno

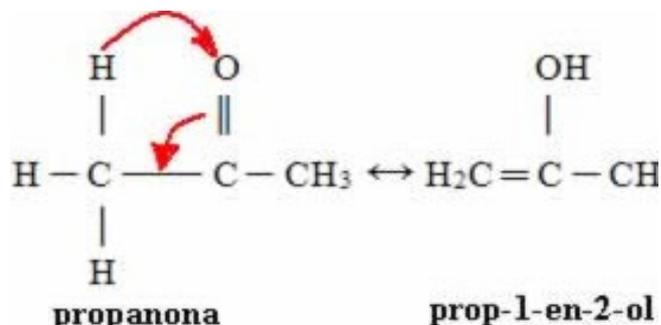
METÂMEROS OU ISÔMEROS DE COMPENSAÇÃO

São isômeros planos que pertencem à mesma função orgânica, possuem cadeias carbônicas com a mesma classificação, mas se diferem quanto à posição do heteroátomo que pode ser dos elementos químicos oxigênio, nitrogênio e enxofre, principalmente. Observe os exemplos abaixo:



TAUTÔMEROS

São Isômeros planos que existem em uma mistura em equilíbrio como os pares enol/aldeído e enol/cetona. Os tautômeros são formados pela migração de um átomo de hidrogênio da hidroxila enólica para o átomo de carbono vizinho. Veja os exemplos:



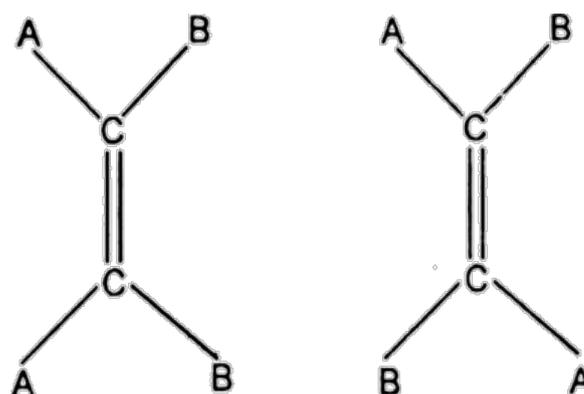
ISOMERIA ESPACIAL

Os Isômeros espaciais ou estereoisômeros são compostos orgânicos que possuem moléculas com arranjos espaciais diferentes de seus átomos, apesar de apresentarem as mesmas fórmulas estruturais e moleculares.

ISOMERIA GEOMÉTRICA

É um tipo de estereoisomeria que ocorre com alquenos e cicloalcanos.

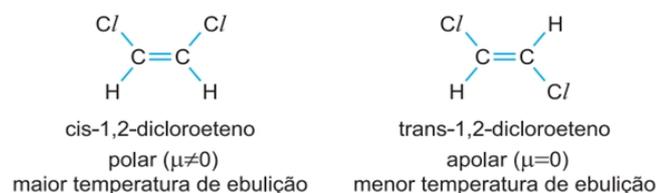
Quando ocorre nos alquenos, os grupos de átomos ligados aos átomos de carbono que estabelecem ligações covalentes dupla são diferentes. Observe na representação abaixo, os isômeros geométricos representados.



Mas, porque são compostos diferentes?

A ligação covalente dupla impede a livre rotação dos grupos ligados a átomos de carbono que estabelecem a ligação covalente dupla. Imagine uma linha dividindo a molécula ao meio, passando pela ligação dupla. Se os grupos iguais estiverem no mesmo plano, o isômero geométrico é denominado CIS. Se os grupos estiverem em planos opostos, o isômero é TRANS.

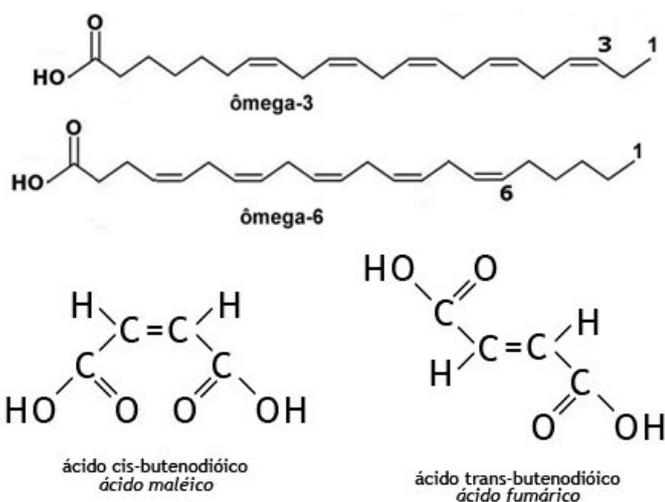
Considere os Isômeros geométricos cis-1,2-dicloroeteno e trans-1,2-dicloroeteno:



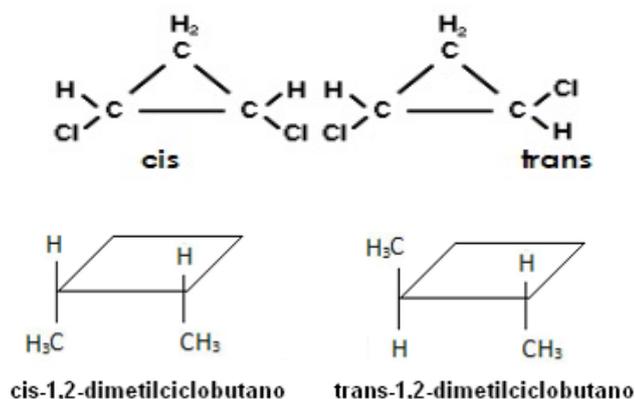
Os isômeros geométricos cis-1,2-dicloroeteno e trans-1,2-dicloroeteno possuem propriedades físicas diferentes. Veja no quadro abaixo:

Isômero	Temperatura de fusão (°C)	Temperatura de ebulição (°C)
Cis-1,2-dicloroeteno	- 80,5	60,3
Trans-1,2-dicloroeteno	- 50,0	47,5

Veja mais alguns exemplos de isômeros geométricos: os ácidos graxos ômega na forma de isômeros cis e os isômeros ácidos maleico e fumárico:

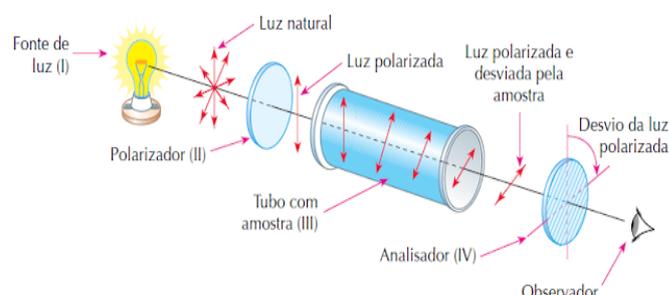


A isomeria geométrica também pode ocorrer com compostos orgânicos cíclicos porque a rigidez do anel impede a livre rotação dos grupos de átomos ligados a ele. É preciso que pelo menos dois átomos de carbono se liguem a dois grupos de átomos diferentes. Veja as fórmulas dos isômeros geométricos cíclicos:

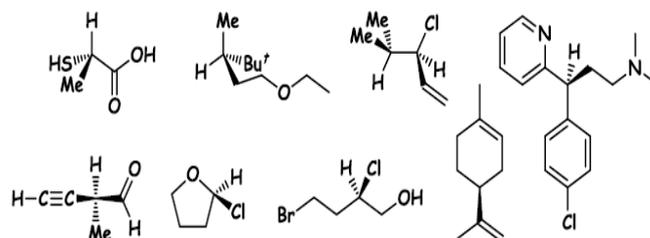


ISOMERIA ÓPTICA

Os isômeros ópticos são estereoisômeros formados por moléculas que apresentam atividade óptica, isto é, são capazes de desviar o plano da luz polarizada quando nelas incide. Observe no desenho apresentado a seguir a polarização da luz natural, ao atravessar o polarizador, a incidência da luz polarizada na amostra com moléculas opticamente ativas e seu desvio:



A atividade óptica é propriedade de moléculas quirais ou assimétricas. O caso mais comum de quiralidade ocorre com moléculas que possuem carbono quiral, um átomo de carbono tetraédrico que se liga a quatro grupos diferentes de átomos. Observe alguns exemplos de moléculas opticamente ativas devido à presença de carbono quiral:



Os isômeros ópticos se dividem em duas classes: enantiômeros e diastereoisômeros.

ENANTIÔMEROS

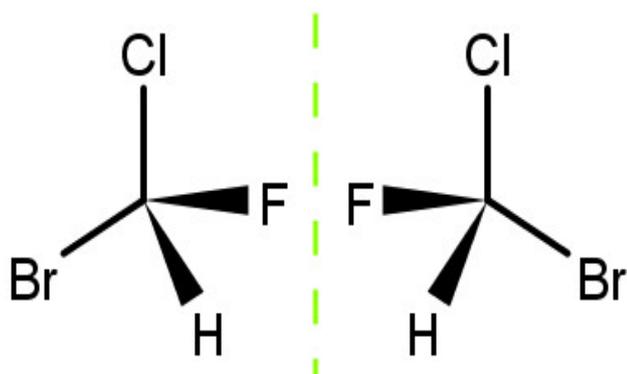
São isômeros opticamente ativos, quando um é imagem especular não sobreponível do outro. A figura abaixo representa os enantiômeros do ácido 2-aminopropanoico. Observe que a molécula da imagem não sobrepõe à molécula objeto:



Os enantiômeros são divididos em dois tipos de acordo com o desvio do plano da luz polarizada:

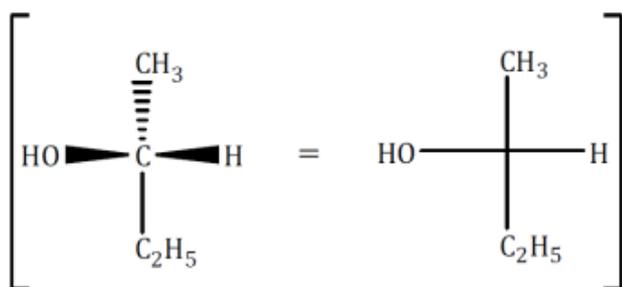
- **Isômero dextrógiro:** desvia o plano da luz polarizada para a direita.
- **Isômero levógiro:** desvia o plano da luz polarizada para a esquerda.

Considere os enantiômeros do bromoclorofluorometano:



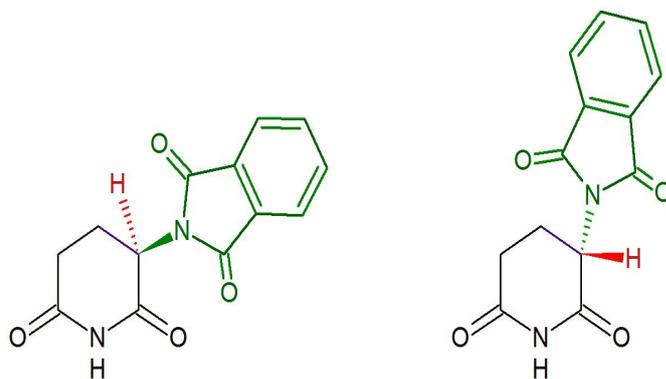
Através de um aparelho polarímetro, podemos perceber que um dos isômeros ópticos, o isômero dextrógiro, ao ser atravessado pela luz polarizada, a desviará para direita, isto é, no sentido horário. As moléculas do outro enantiômero, isômero levógiro, desviam o plano da luz polarizabilidade para esquerda.

Os isômeros ópticos podem ser representados por fórmulas de Fischer que indicam a presença do carbono assimétrico através do cruzamento dos segmentos de reta. Veja como:



Um fato interessante que os cristais dos enantiômeros são morfologicamente diferentes, podendo ser separados através de uma pinça, realizando a catação.

É preciso destacar que os enantiômeros possuem propriedades físicas e químicas semelhantes. No entanto, se diferem quanto à ação biológica, pois atuam de forma diferente nos processos bioquímicos. Um exemplo é a talidomida:



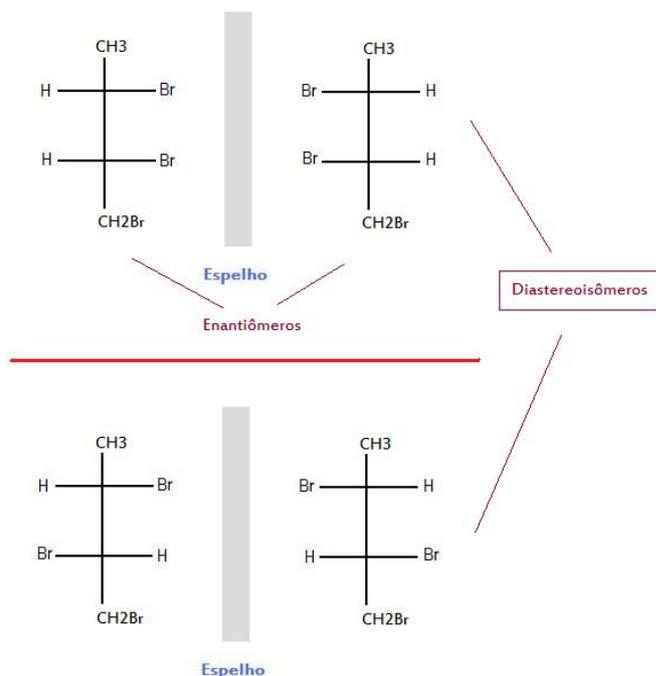
R - talidomida

S - talidomida

Enquanto um enantiômero causa sedação leve, o outro causa malformação congênita.

DIASTEREOISÔMEROS

São isômeros opticamente ativos quando um não é imagem especular do outro. Ocorre em compostos que possuem mais de um átomo de carbono quiral diferentes. Observe a figura abaixo que representa as fórmulas de Fischer dos isômeros ópticos, enantiômeros e diastereoisômeros com moléculas com dois átomos de carbono quiral:



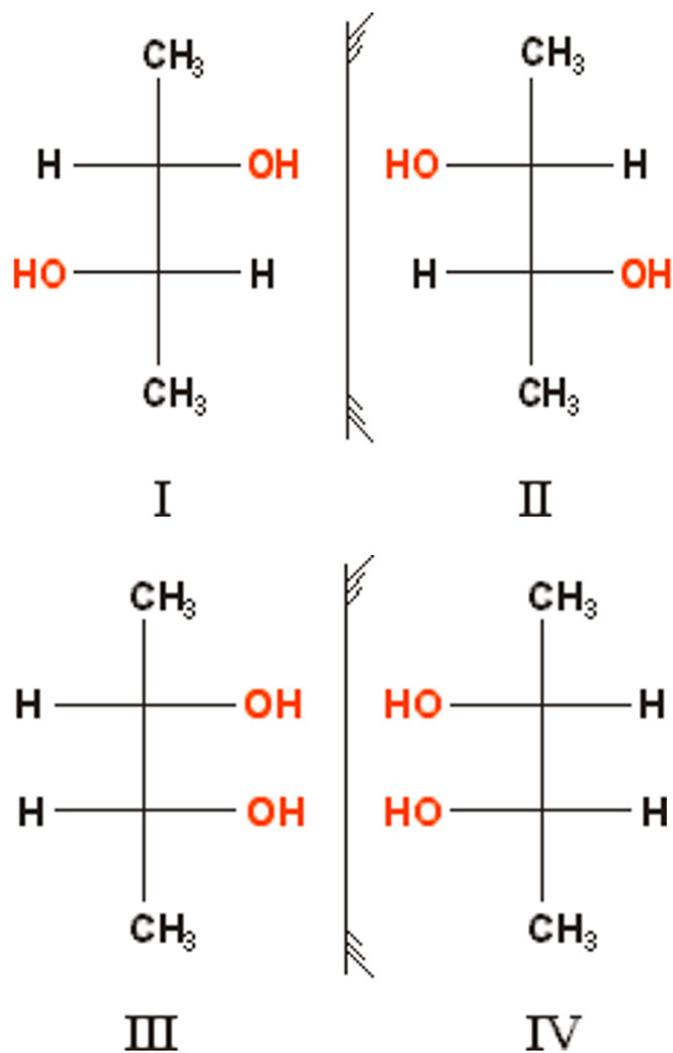
MISTURA RACÊMICA

É a mistura que tem a metade de suas moléculas do isômero dextrógiro e a outra metade do isômero levógiro. É opticamente inativa, não desviando o plano da luz polarizada que a atravessa.

MESÔMEROS

São isômeros opticamente inativos por compensação interna, isto é, a molécula possui plano de simetria e não apresenta quiralidade e atividade óptica.

Quando a molécula possui duas carbonos quirais iguais, ligados a grupos iguais de átomos, apresentará dois enantiômeros (dextrógiro e levógiro) que são opticamente ativos, e um mesômero, opticamente inativo, como mostrado a seguir:



Os dois primeiros isômeros representados são os enantiômeros. Mas, observe que o outro par, a imagem não representa um outro isômero, mas uma outra representação do terceiro isômero, o mesômero. Analisando sua fórmula estrutural, é possível verificar a simetria interna de sua molécula.



1. (ENEM - 2018)

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-hidroxidec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxidec-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.

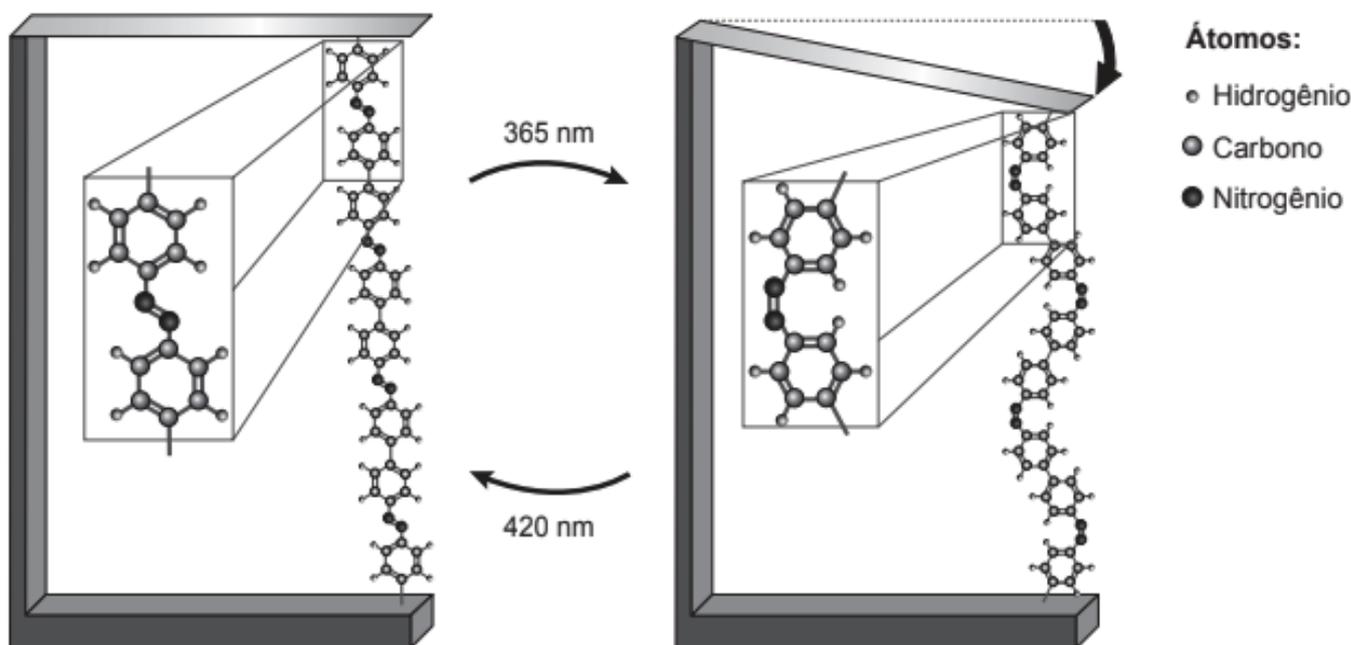
LE COUTEUR, R; BURRESON, J. *Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006 (adaptado).

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.

2. (ENEM - 2018)

Pesquisas demonstram que nanodispositivos baseados em movimentos de dimensões atômicas, induzidos por luz, poderão ter aplicações em tecnologias futuras, substituindo micromotores, sem a necessidade de componentes mecânicos. Exemplo de movimento molecular induzido pela luz pode ser observado pela flexão de uma lâmina delgada de silício, ligada a um polímero de azobenzeno e a um material suporte, em dois comprimentos de onda, conforme ilustrado na figura. Com a aplicação de luz ocorrem reações reversíveis da cadeia do polímero, que promovem o movimento observado:



TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, maio 2005 (adaptado).

O fenômeno de movimento molecular, promovido pela incidência de luz, decorre do(a)

- A) movimento vibracional dos átomos, que leva ao encurtamento e à relaxação das ligações
- B) isomerização das ligações N=N, sendo a forma cis do polímero mais compacta que a trans.
- C) tautomerização das unidades monoméricas do polímero, que leva a um composto mais compacto.
- D) ressonância entre os elétrons π do grupo azo e os do anel aromático que encurta as ligações duplas.
- E) variação conformacional das ligações N=N, que resulta em estruturas com diferentes áreas de superfície.



QUESTÕES DE REVISÃO



3. (ENEM - 2016)

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.



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 bombicol 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.*

4. ENEM - PPL - 2012

Motores a combustão interna apresentam melhor rendimento quando podem ser adotadas taxas de compressão mais altas nas suas câmaras de combustão, sem que o combustível sofra ignição espontânea. Combustíveis com maiores índices de resistência à compressão, ou seja, maior octanagem, estão associados a compostos com cadeias carbônicas menores, com maior número de ramificações e com ramificações mais afastadas das extremidades da cadeia. Adota-se como valor padrão de 100% de octanagem o isômero do octano mais resistente a compressão. Com base nas informações do texto, qual dentre os isômeros seguintes seria esse composto?

- A) n-octano.
- B) 2,4-dimetil-hexano.
- C) 2-metil-heptano.
- D) 2,5-dimetil-hexano.
- E) 2,2,4-trimetilpentano.



QUESTÕES DE REVISÃO



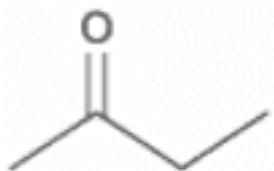
5. (UECE - 2018)

O éter dietílico (etoxietano) é uma substância líquida volátil e altamente inflamável. Utilizado inicialmente como anestésico, seu uso foi descontinuado pelo risco de explosão. Atualmente serve como ótimo solvente para experiências químicas em laboratórios. Este composto orgânico é isômero de um álcool primário de cadeia não ramificada, cujo nome é

- A) butan-2-ol.
- B) metilpropan-2-ol.
- C) butan-1-ol.
- D) pentan-1-ol.

6. (UNESP - 2018)

A fórmula representa a estrutura da butanona, também conhecida como metiletilcetona (MEK), importante solvente industrial usado em tintas e resinas.

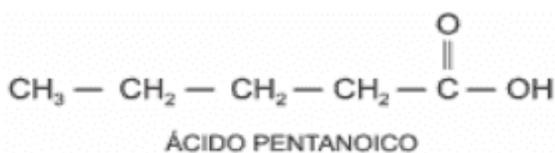


Um isômero da butanona é o

- A) propan-2-ol.
- B) butanal.
- C) metoxipropano.
- D) butan-2-ol.
- E) ácido butanoico.

7. (UECE - 2016)

O ácido pentanoico (conhecido como ácido valérico) é um líquido oleoso, com cheiro de queijo velho, tem aplicações como sedativo e hipnótico. Se aplicado diretamente na pele, tem uma efetiva ação sobre a acne.



De acordo com sua fórmula estrutural, seu isômero correto é o

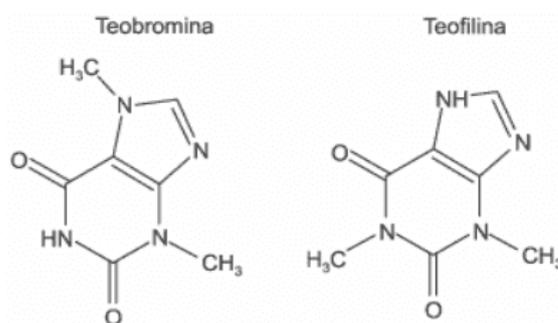
- A) propanoato de etila.
- B) etóxi-propano.
- C) 3-metil-butanal.
- D) pentan-2-ona.

8. (UFU - 2018)

“Dentre os estimulantes do chá, a teofilina e a teobromina pertencem a uma classe de compostos orgânicos, chamada xantina. Ambas têm vários efeitos fisiológicos no corpo. A teofilina relaxa a musculatura lisa das vias aéreas, tornando a respiração mais fácil. Já a teobromina pode estimular o coração e tem um leve efeito diurético, melhorando o fluxo sanguíneo ao redor do corpo.”

Disponível em: . Acesso em 25/03/2018.

As substâncias citadas possuem as seguintes fórmulas moleculares:



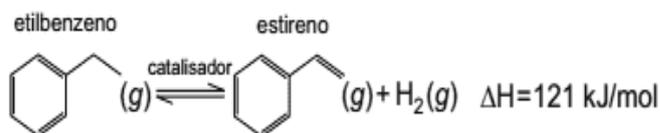
Disponível em: <http://4.bp.blogspot.com/Captura_de_tela-13.png> Acesso em 25/03/2018.

Essas substâncias são

- A) alótropos com fórmulas e com massas moleculares diferentes.
- B) alcaloides de massa molecular diferentes e fórmula estrutural distintas.
- C) amidas de mesma fórmula molecular e massas molares iguais.
- D) isômeros, ($\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_2$) e possuem a mesma massa molecular

9. (UNESP - 2017)

O estireno, matéria-prima indispensável para a produção do poliestireno, é obtido industrialmente pela desidrogenação catalítica do etilbenzeno, que se dá por meio do seguinte equilíbrio químico:



O etilbenzeno e o estireno

- A) são hidrocarbonetos aromáticos.
- B) apresentam átomos de carbono quaternário.
- C) são isômeros funcionais.
- D) apresentam átomos de carbono assimétrico.
- E) são isômeros de cadeia.



QUESTÕES DE REVISÃO



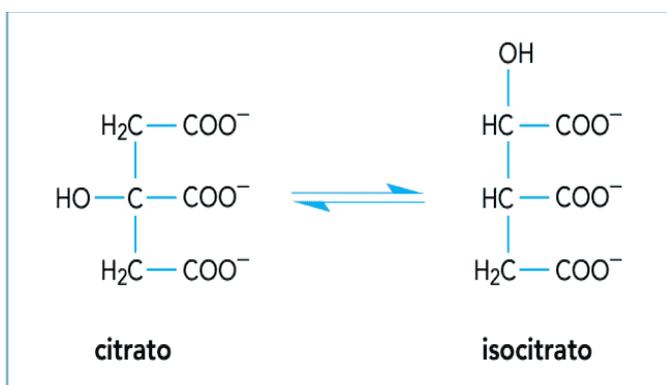
10. (ITA - 2019)

Assinale a opção que apresenta o número total de isômeros estruturais de aminas com fórmula molecular $C_4H_{11}N$.

- A) 3
- B) 4
- C) 7
- D) 8
- E) 9

11. (UERJ - 2014/2)

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

12. (FAMERP - 2018)

O número de isômeros de cadeia aberta e saturada coerentes com a fórmula molecular C_5H_{12} é

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

13. (MACKENZIE - 2014)

Considere a nomenclatura IUPAC dos seguintes hidrocarbonetos.

- I. metil-ciclobutano.
- II. 3-metil-pentano.
- III. pentano.
- IV. ciclo-hexano.
- V. pent-2-eno.

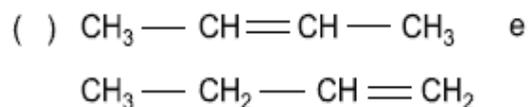
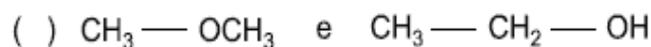
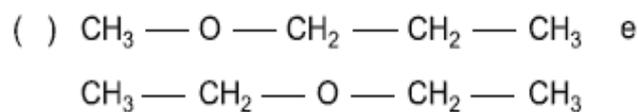
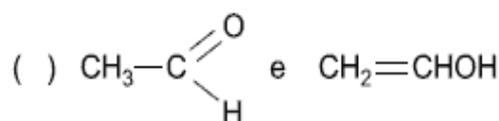
A alternativa que relaciona corretamente compostos isoméricos é:

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

14. (IBMEC-RJ - 2013)

Relacione o tipo de isomeria com as estruturas apresentadas a seguir. Depois, assinale a alternativa que corresponda à sequência correta obtida:

- 1. Tautomeria
- 2. Isomeria de posição
- 3. Metameria
- 4. Isomeria funcional



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



QUESTÕES DE REVISÃO



15. (ENEM - 2014)

A talidomida é um sedativo leve e foi muito utilizado no tratamento de náuseas, comuns no início da gravidez. Quando foi lançada, era considerada segura para o uso de grávidas, sendo administrada como uma mistura racêmica composta pelos seus dois enantiômeros (R e S). Entretanto, não se sabia, na época, que o enantiômero S leva a malformação congênita, afetando principalmente o desenvolvimento normal dos braços e pernas do bebê.

COELHO, F. A. S. 'Fármacos e quiralidade'. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 3, maio 2001 (adaptado).

Essa malformação congênita ocorre porque esses enantiômeros:

- A) reagem entre si.
- B) não podem ser separados.
- C) não estão presentes em partes iguais.
- D) interagem de maneira distinta com o organismo.
- E) são estruturas com diferentes grupos funcionais.

16. (CEFET-MG - 2014)

Considere que as substâncias e misturas equimolares seguintes foram analisadas em um polarímetro.

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$ e $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$		2-metil-fenol e 3-metil-fenol		
(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)

NÃO apresenta desvio do plano da luz polarizada igual a zero, a substância/mistura

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

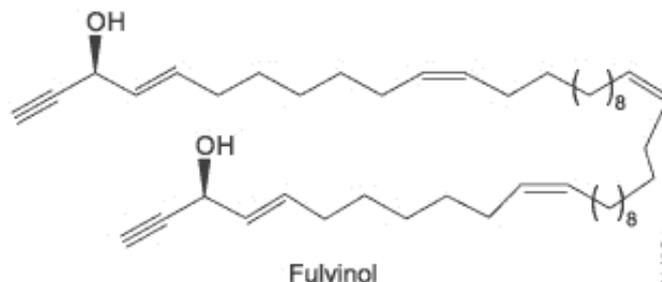
17. (UERJ)

Isomeria é o fenômeno que se caracteriza pelo fato de uma mesma fórmula molecular representar diferentes estruturas. Considerando a isomeria estrutural plana para a fórmula molecular C_4H_8 , podemos identificar os isômeros dos seguintes tipos:

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

18. (UFRGS - 2015)

O fulvinol, cuja estrutura é mostrada abaixo, foi isolado de uma esponja marinha presente na costa da Espanha.

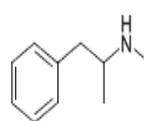


- I. É um hidrocarboneto acíclico insaturado.
 - II. Apresenta ligações duplas trans e cis.
 - III. Apresenta 4 carbonos com geometria linear.
- Quais estão corretas?

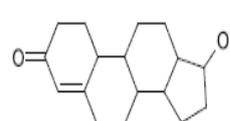
- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

19. (UFPR - 2014)

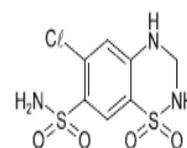
As principais substâncias utilizadas no doping no esporte são classificadas como estimulantes, esteroides e diuréticos. São exemplos dessas classes, respectivamente, metanfetamina, testosterona e hidroclorotiazida, cujas estruturas são mostradas a seguir.



metanfetamina



testosterona



hidroclorotiazida

A partir das estruturas das três substâncias, analise as afirmativas a seguir:

- 1. A testosterona possui seis carbonos quirais.
 - 2. A metanfetamina possui dois isômeros ópticos.
 - 3. A hidroclorotiazida possui isômeros geométricos.
 - 4. As três substâncias utilizadas em doping apresentam algum tipo de isomeria.
- Assinale a alternativa correta.

- A) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- B) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- C) Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.
- D) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- E) Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.



QUESTÕES DE REVISÃO



20. (UERJ - 2017/1)

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:

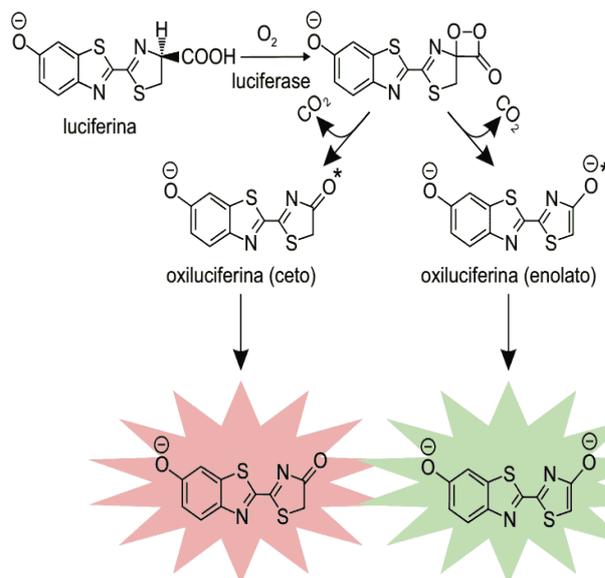
- A) cis e cis
- B) cis e trans
- C) trans e cis
- D) trans e trans

21. (UNESP - 2016)

A bioluminescência é o fenômeno de emissão de luz visível por certos organismos vivos, resultante de uma reação química entre uma substância sintetizada pelo próprio organismo (luciferina) e oxigênio molecular, na presença de uma enzima (luciferase). Como resultado dessa reação bioquímica é gerado um produto em um estado eletronicamente excitado (oxiluciferina*). Este produto, por sua vez, desativa-se por meio da emissão de luz visível, formando o produto no estado normal ou fundamental (oxiluciferina). Ao final, a concentração de luciferase permanece constante.



O esquema ilustra o mecanismo geral da reação de bioluminescência de vagalumes, no qual são formados dois produtos diferentes em estados eletronicamente excitados, responsáveis pela emissão de luz na cor verde ou na cor vermelha.



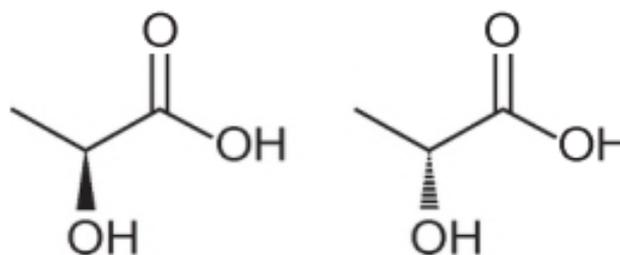
(Etelvino J. H. Bechara e Vadim R. Viviani. *Revista virtual de química*, 2015. Adaptado.)

De acordo com o texto e utilizando a classificação periódica dos elementos, assinale a alternativa que apresenta a massa molar, em g·mol⁻¹, e o tipo de isomeria presente na luciferina do vagalume.

- A) 274,3 e óptica.
- B) 279,3 e óptica.
- C) 279,3 e geométrica.
- D) 274,3 e geométrica.
- E) 279,3 e tautomeria.

22. (ENEM - PPL -2018)

Várias características e propriedades de moléculas orgânicas podem ser inferidas analisando sua fórmula estrutural. Na natureza, alguns compostos apresentam a mesma fórmula molecular e diferentes fórmulas estruturais. São os chamados isômeros, como ilustrado nas estruturas.



- A) ótica.
- B) de função.
- C) de cadeia.
- D) geométrica.
- E) de compensação.



QUESTÕES DE REVISÃO

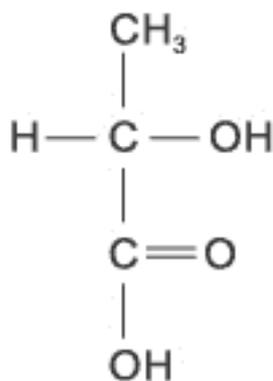


23. (UEL - 2015)

Leia o texto a seguir.

A atividade óptica foi um mistério fundamental da matéria durante a maior parte do século XIX. O físico francês, Jean Baptist Biot, em 1815, descobriu que certos minerais eram opticamente ativos, ou seja, desviavam o plano de luz polarizada. Em 1848, Louis Pasteur foi além e, usando um polarímetro, percebeu que o fenômeno está associado a presença de dois tipos de substâncias opticamente ativas: as dextrógiras (desvio do plano de luz para a direita) e as levógiras (desvio do plano de luz para a esquerda). As observações de Pasteur começaram a se conectar com outras anteriores, como as de Schelle que, em 1770, isolou o ácido láctico (Figura 4) opticamente inativo do leite fermentado e Berzelius que, em 1807, isolou a mesma substância de músculos, porém com atividade óptica.

Adaptado de: GREENBERD, A. *Uma Breve História da Química da Alquimia às Ciências Moleculares Modernas*. Trad. de Henrique Eisi Toma, Paola Corio e Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2009. p.297-299.



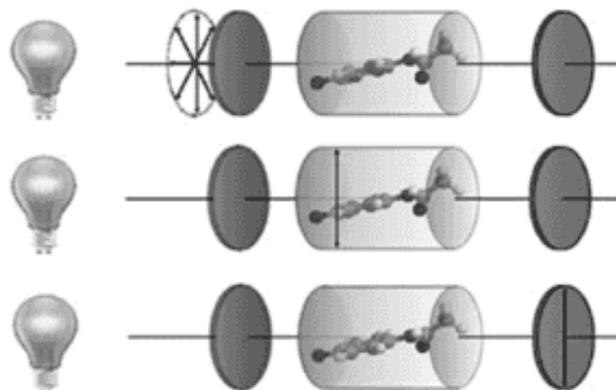
Fórmula estrutural
do ácido láctico

Com base no texto e nos conhecimentos sobre isomeria óptica, assinale a alternativa correta.

- A) Os isômeros ópticos do ácido Láctico possuem propriedades físico-químicas diferentes, como pontos de fusão e ebulição.
- B) O ácido láctico isolado do músculo por Berzelius era opticamente ativo porque possuía plano de simetria.
- C) O ácido Láctico possui dois carbonos quirais e dois isômeros ópticos que são diastereoisômeros.
- D) O ácido Láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, pode formar até duas misturas racêmicas.
- E) O ácido Láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, tinha os dois enantiômeros em quantidades iguais, a mistura racêmica.

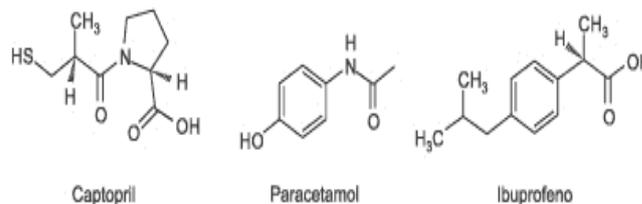
24. (UPE - 2015)

A imagem a seguir indica a sequência de uma simulação computacional sobre a análise de uma propriedade física exibida por um fármaco.



(Disponível em: http://www.quimica.ufc.br/files/default/files/files/polarimetro_3.swf)

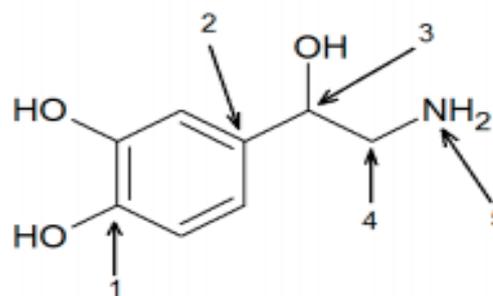
Entre os fármacos indicados abaixo, qual(is) exibe(m) resposta similar ao observado nessa simulação?



- A) Captopril
- B) Ibuprofeno
- C) Paracetamol
- D) Captopril e ibuprofeno
- E) Todos os fármacos apresentados

25. (UERJ - Adaptada)

A noradrenalina é um hormônio cuja fórmula estrutural encontra-se representada a seguir:



O número correspondente à seta que indica o átomo de carbono responsável pela atividade óptica desta molécula é:

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



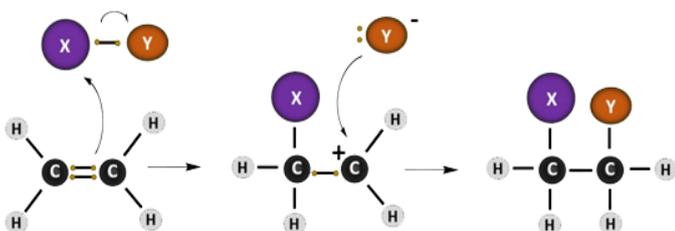
Fórmula da
Química

MÓDULO 17

REAÇÕES DE ADIÇÃO

REAÇÕES DE ADIÇÃO

São reações orgânicas que consistem na adição de uma molécula simples como de hidrogênio, cloro, bromo, iodo ou de um haleto de hidrogênio à molécula orgânica insaturada, através de seus átomos de carbono que estabelecem ligação covalente dupla (C=C), tripla (C≡C) ou à carbonila (C=O). Durante a reação de adição, ocorre a ruptura de ligação covalente π da molécula do substrato orgânico, a ruptura de ligação covalente sigma da molécula do outro reagente e a formação de duas ligações covalentes sigma, presentes nas moléculas do produto. Observe a figura abaixo que representa o mecanismo da reação de adição de uma molécula da substância X – Y à molécula do etileno (eteno):

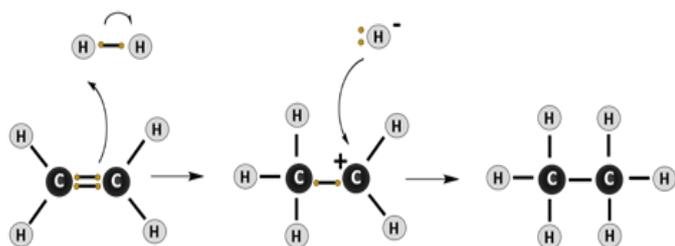


As reações de adição mais comuns são:

- Hidrogenação catalítica.
- Halogenação.
- Hidroalogenação.
- Hidratação.
- Reações de adição à carbonila.

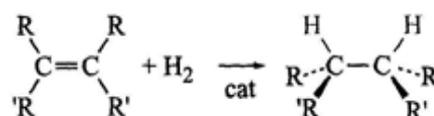
HIDROGENAÇÃO CATALÍTICA

A adição de hidrogênio (H₂) na presença de catalisadores específicos, como níquel, platina e paládio ocorre em alcenos, alcinos e cicloalcanos como ciclopropano e ciclobutano. Observe a representação da hidrogenação do etileno, com destaque para as ligações químicas rompidas e formadas na reação de adição:



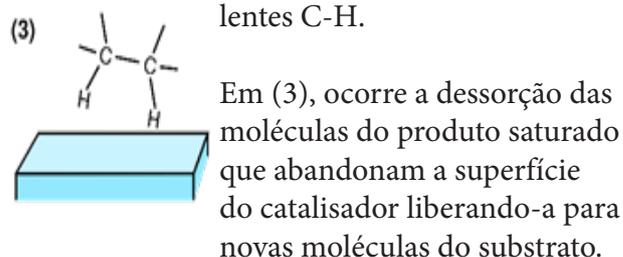
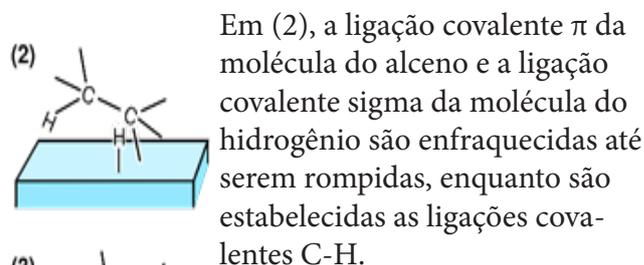
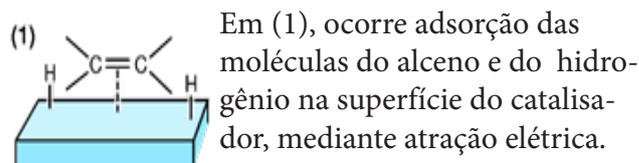
HIDROGENAÇÃO CATALÍTICA DE ALCENOS

A adição de hidrogênio gasoso à molécula de um alceno envolve a ruptura da ligação covalente π estabelecida pelos carbonos que formam a ligação covalente dupla juntamente com o rompimento da ligação covalente sigma estabelecida por átomos do reagente e a adição de átomos de hidrogênio aos átomos de carbono, mediante a formação de ligação covalente sigma como mostrado na equação abaixo:



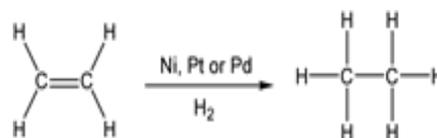
Como acontece?

O desenho ilustra o mecanismo da reação de hidrogenação de um alceno na superfície de um catalisador sólido, como a platina:

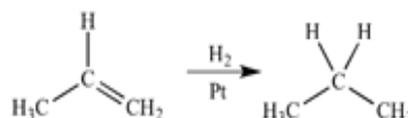


Veja alguns exemplos de reações de hidrogenação de alcenos:

- Hidrogenação do etileno:

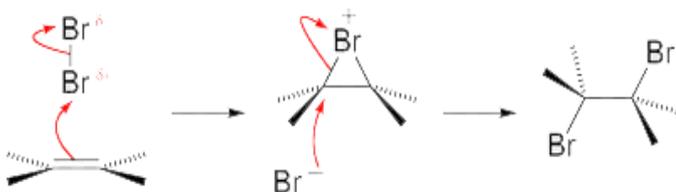


- Hidrogenação do propeno:

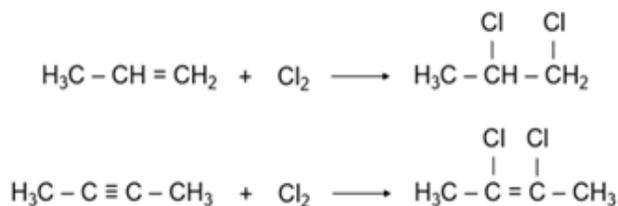


REAÇÕES DE HALOGENAÇÃO

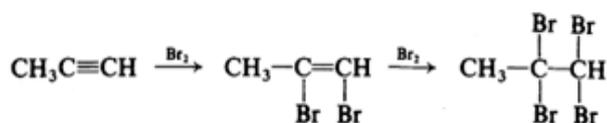
Os alcenos e alcinos podem reagir com halogêneos, como cloro, bromo e iodo, formando dialetos vicinais. Por exemplo: a molécula de bromo pode ser adicionada a uma molécula do composto 2,3-dimetilbut-2-eno em uma reação de adição eletrofílica, como mostrado na figura a seguir:



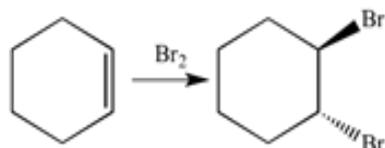
Veja alguns exemplos de reações de halogenação de alcenos e alcinos. No primeiro exemplo, o propeno é clorado com formação do produto 1,2-dicloropropano. No segundo exemplo, um mol do but-1-ino reage com um mol de cloro formando o dialeto 2,3-diclorobutano. Este último pode apresentar isomeria geométrica na forma dos compostos cis-2,3-diclorobutano e trans-2,3-diclorobutano.



O produto insaturado e halogenado, resultante da reação do alcino com um halogênio, também pode reagir com mais halogênio e formar o produto mais halogenado, como ocorre com a bromação do propino na presença de excesso de bromo, como representado abaixo:



Cicloalcenos também podem sofrer halogenação. No exemplo abaixo, cicloexeno reage com bromo formando o isômero geométrico trans-1,2-dibromocicloexano.



• Aplicações das reações de halogenação

• Teste de bromo

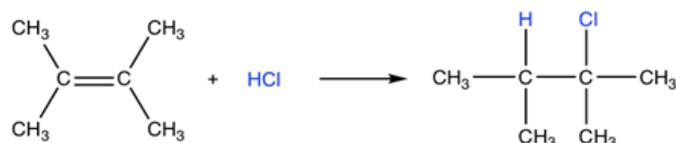
O teste de bromo permite identificar insaturações entre átomos de carbono nas moléculas orgânicas. A solução marrom-avermelhada de bromo dissolvido em tetracloreto de carbono é utilizada nesse teste. Na presença de ligações covalentes dupla ou tripla, ocorre descoloração da solução devido à reação de adição do bromo às moléculas orgânicas insaturadas.

• Índice de iodo de óleos vegetais

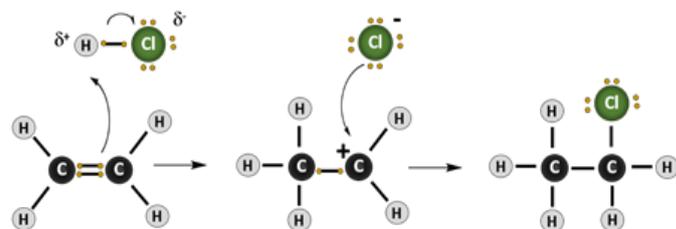
É a massa de iodo em gramas que reage com 100 gramas de determinado óleo. Quanto maior o índice de iodo, maior é o número de insaturações. A determinação do índice de iodo de um óleo pode contribuir para controle da qualidade e evitar adulterações.

REAÇÕES DE ADIÇÃO DE HALETOS DE HIDROGÊNIO

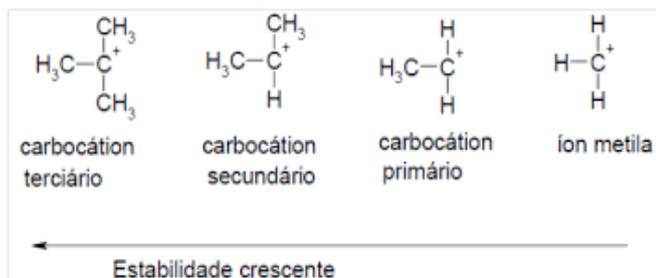
Os haletos de hidrogênio apresentam ligações covalentes H - X muito polarizadas e podem reagir com compostos que apresentam ligações covalentes múltiplas. Observe abaixo a adição de cloreto de hidrogênio ao alceno 2,3-dimetilbut-2-eno:



• Como acontece?



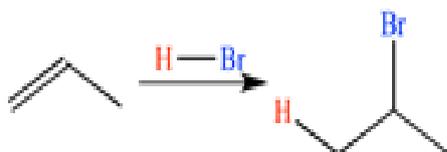
A alta densidade eletrônica promovida pela presença da ligação covalente dupla favorece a captura de íons hidrogênio da molécula do haleto de hidrogênio. Com isso, forma-se um carbocátion intermediário ao qual se liga o ânion do halogênio. Quanto mais estável for o carbocátion, mais favorecida é a reação de hidroalogenação. A ordem de estabilidade dos carbocátions é apresentada abaixo:



Diante disso, as reações de adição de haletos de hidrogênio a compostos insaturados devem seguir a **regra de Markovnikov**, proposta em 1869 que diz:

Em uma adição a alcenos em meio ácido, o produto principal é aquele cujo intermediário é o carbocátion mais estável.

Em outras palavras, o hidrogênio deve ser adicionado ao carbono insaturado mais hidrogenado. Veja o exemplo abaixo em que o propeno reage com brometo de hidrogênio. Observe que o produto principal é formado quando o hidrogênio se adiciona ao carbono mais hidrogenado, isto é, ligado a mais átomos de carbono, e o bromo se adiciona ao carbono vizinho.

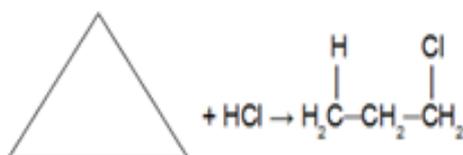


A reatividade dos haletos de hidrogênio segue a ordem decrescente:



A ordem apresentada pode ser explicada pelo aumento do comprimento da ligação H - X e a redução da energia de ligação o que favorece a ruptura e a liberação de íons hidrogênio.

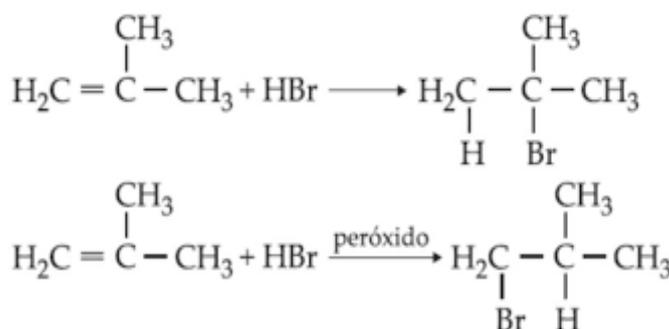
Os cicloalcanos dificilmente reagem com haletos de hidrogênio. Contudo, o ciclopropano pode reagir com abertura de anel, como mostrado nos exemplos a seguir:



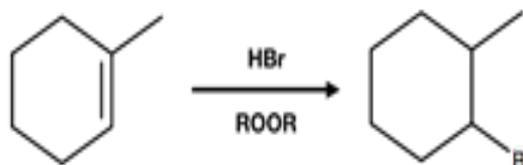
Quando a adição de brometo de hidrogênio ao alceno ocorre na presença de peróxido orgânico, o mecanismo da reação é invertido e regido pela regra de Karash que diz:

a adição de brometo de hidrogênio a alceno na presença de peróxido orgânico favorece a formação do produto anti-Markovnikov e o hidrogênio se liga ao carbono insaturado menos hidrogenado.

Por exemplo: quando se adiciona brometo de hidrogênio ao isobuteno na ausência de peróxido orgânico, a adição segue a regra de Markovnikov formando o haleto orgânico 2-bromo-2-metilpropano. Entretanto, a reação na presença de peróxido orgânico segue a regra de Karash com formação do composto 1-bromo-2-metilpropano.

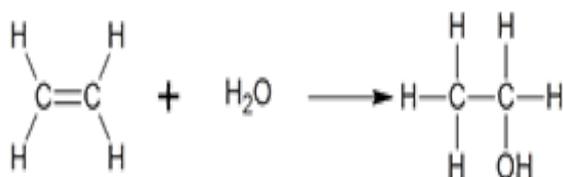


Veja outro exemplo: o 1-metilcicloexeno ao reagir com brometo de hidrogênio, na presença de peróxido orgânico, forma o produto 1-bromo-2-metilcicloexano. Observe que o hidrogênio se adicionou ao carbono insaturado menos hidrogenado, como mostrado na equação química abaixo:

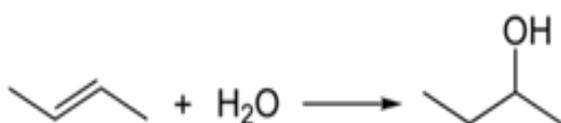


HIDRATAÇÃO DE ALCENOS

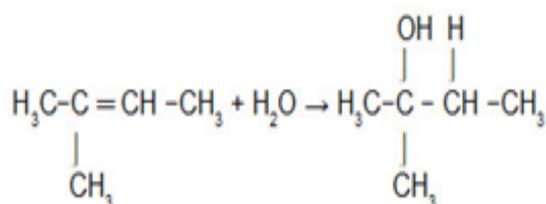
A água pode ser adicionada a alcenos mediante a presença de soluções diluídas de ácido sulfúrico ou fosfórico que atuam como catalisadores da reação de adição. O produto formado é um álcool. O etanol, por exemplo, pode ser produzido a partir da hidratação do etileno na presença de solução diluída de ácido sulfúrico, como mostra a equação química:



Quando o but-2-eno é hidratado em meio ácido, ocorre formação do álcool secundário butan-2-ol:



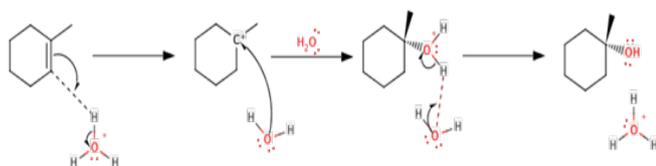
A hidratação de alcenos segue a regra de Markovnikov, favorecendo a formação do carbocátion intermediário mais estável.



2-metilbut-2-eno

2-metilbutan-2-ol

Veja como ocorre a hidratação do 1-metilcicloexeno em meio ácido:

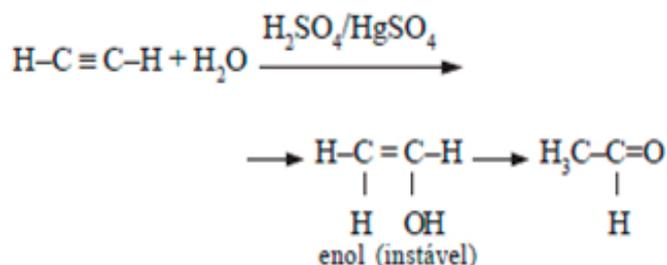


HIDRATAÇÃO DE ALCINOS

Os alcinos podem reagir com água na presença ácidos diluídos com formação de um composto intermediário pertencente à função enol. Como é termodinamicamente pouco estável, se transforma

em seu tautômero, aldeído ou cetona, formando uma mistura em equilíbrio com predomínio das moléculas carbonílicas.

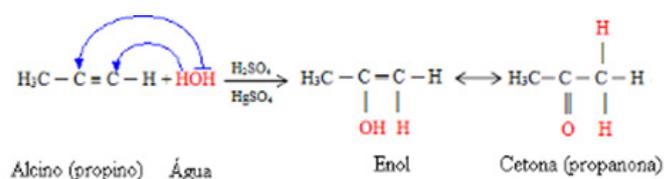
Considere a hidratação de moléculas de acetileno na presença da mistura $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HgSO}_4$ mostrada na equação abaixo:



A mistura final será formada pelo enol e aldeído, com predomínio de moléculas de etanal.

A hidratação dos alcinos segue a regra de Markovnikov.

Considere a hidratação do propino. Veja que ocorre formação do enol prop-1-2-enol que tautomeriza formando a propanona:



REAÇÕES DE ADIÇÃO A CARBONILA

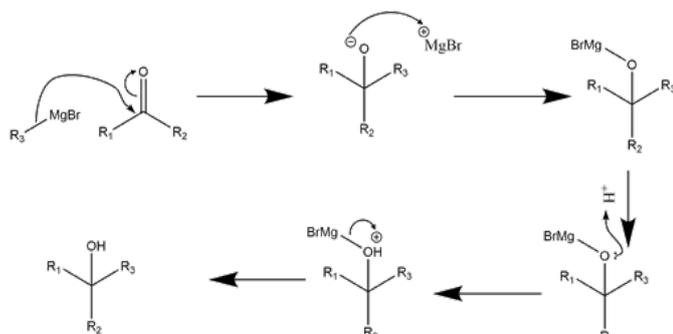
São reações orgânicas importantes para a preparação de álcoois por adição de reagentes de Grignard a compostos carbonílicos como aldeídos e cetonas.

O reagente de Grignard ($\text{R}-\text{MgX}$) é preparado tratando-se um haleto de alquila (R-X) com magnésio em solvente anidro como o éter dietílico e tetrahydrofurano. O radical alquila do reagente de Grignard apresenta carga parcial negativa, pois está ligado ao magnésio, que é mais eletropositivo.

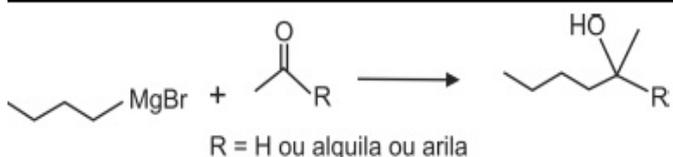
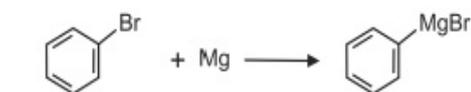
Durante a reação do composto carbonílico com o reagente de Grignard ocorre adição nucleofílica do reagente de Grignard a carbonila. O desenho abaixo mostra as etapas da adição de um reagente de Grignard a uma cetona:



QUESTÕES DE REVISÃO



O grupo orgânico do reagente de Grignard pode ser alquílico ou aromático. Nas duas primeiras reações representadas abaixo, ocorre formação de reagentes de Grignard. O primeiro é denominado brometo de butilmagnésio e o segundo é o brometo de fenilmagnésio.



A equação acima mostra a adição do reagente de Grignard, brometo de butilmagnésio a um composto carbonílico, que pode ser um aldeído ou cetona, com formação de um álcool.

As reações de adição de reagentes de Grignard a compostos carbonílicos têm grande interesse industrial porque são processos que permitem produzir alcoóis que não podem ser obtidos a partir de fontes naturais. Como os álcoois são matérias-primas importantes, é possível obtê-los a partir de aldeídos e cetonas que reagem com reagentes de Grignard específicos.

01. (Vunesp-SP)

Álcoois podem ser obtidos pela hidratação de alcenos, catalisada por ácido sulfúrico. A reação de adição segue a regra de Markownikoff, que prevê a adição do átomo de hidrogênio da água ao átomo de carbono mais hidrogenado do alceno.

Escreva:

- A) a equação química balanceada de hidratação catalisada do but-1-eno;
 B) o nome do produto formado na reação indicada no item a.

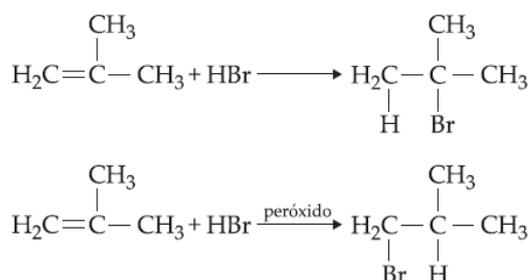
02. (UFBA-BA)

O principal produto obtido pela adição de 1 mol de HBr ao eritreno (1,3-butadieno) é o:

- A) 2-bromo-butano
 B) 2-bromo-but-2-eno
 C) 2,3-dibromo-but-2-eno
 D) 2-bromo-2-metil-butano
 E) 1-bromo-but-2-eno

03. (Fuvest-SP)

A adição de HBr a um alceno pode conduzir a produtos diferentes caso, nessa reação, seja empregado o alceno puro ou o alceno misturado a uma pequena quantidade de peróxido.



- A) O 1-metilciclopenteno reage com HBr de forma análoga. Escreva, empregando fórmulas estruturais, as equações que representam a adição de HBr a esse composto na presença e na ausência de peróxido.
 B) Dê as fórmulas estruturais dos metilciclopentenos isoméricos (isômeros na posição).
 C) Indique o metilciclopenteno do item b que forma, ao reagir com HBr, quer na presença, quer na ausência de peróxido, uma mistura de metilciclopentanos monobromados que são isômeros de posição. Justifique.



QUESTÕES DE REVISÃO

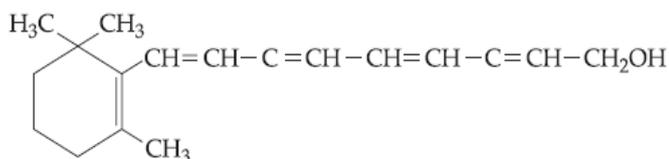


04. (Unicamp-SP)

Um mol de hidrocarboneto cíclico insaturado, de fórmula C_6H_{10} , reage com um mol de bromo (Br_2), dando um único produto. Represente, por meio de fórmulas estruturais, o hidrocarboneto e o produto obtido na reação citada.

05. (PUC-Campinas)

A fórmula molecular estrutural da vitamina A é:



Para a hidrogenação de 1 mol da vitamina A, sem perda da função alcoólica, quantos mols de H_2 são necessários?

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

06. (FEI-SP)

O principal processo de obtenção de álcool etílico por síntese orgânica é:

- A) desidratação intermolecular entre moléculas de etanol.
B) hidratação de eteno em presença de ácido sulfúrico concentrado.
C) esterificação do ácido acético em presença de NaOH.
D) hidratação do acetato de metila.
E) hidratação catalítica de alcinos.

07. (Mackenzie-SP)

Sobre um alcadieno, sabe-se que:

- I) sofre adição 1,4;
II) quando hidrogenado parcialmente, produz, em maior quantidade, o hex-3-eno.

O nome desse dieno é

- A) hexa-1,2-dieno
B) hexa-1,3-dieno
C) hexa-2,4-dieno
D) hexa-1,4-dieno
E) hex-1-eno

08. (UFRJ-RJ)

Os alcenos, devido à presença de insaturação, são muito mais reativos do que os alcanos. Eles reagem, por exemplo, com haletos de hidrogênio tornando-se assim compostos saturados.

Classifique a reação entre um alceno e um haleto de hidrogênio. Apresente a fórmula estrutural do produto principal obtido pela reação do HCl com um alceno de fórmula molecular C_6H_{12} que possui um carbono quaternário.

9. (UNIRIO - 2000)

O etino, sob o ponto de vista industrial, constitui uma das mais importantes matérias-primas. A partir dele pode-se obter o cloro-eteno ou cloreto de vinila, precursor para a fabricação de canos e tubulações de plástico, cortinas para box, couro artificial, etc. A preparação do cloro-eteno a partir do etino e do ácido clorídrico é uma reação de:

- A) adição.
B) eliminação.
C) oxidação.
D) sulfonação.
E) saponificação.

10. (UFU-MG)

A borracha natural, polímetro de fórmula $(C_5H_8)_n$, por não apresentar boa resistência mecânica, é submetida ao processo de vulcanização para ser usada industrialmente. Assinale a alternativa com a estrutura do seu monômetro juntamente com a substância utilizada no processo de vulcanização.

- a) $CH_3-CH=CH-CH=CH_2$ / oxigênio.
b) $CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH=CH_2$ / enxofre.
c) $CH_3-CH_2-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}=CH_2$ / parafina.
d) $CH_2=CH-CH_2-CH=CH_2$ / chumbo.
e) $CH_2=C-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}=CH_2$ / enxofre.

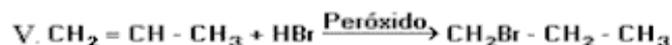
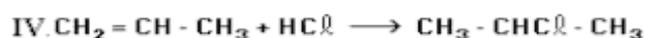
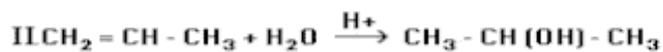
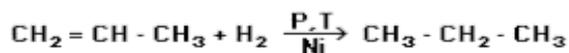


QUESTÕES DE REVISÃO



11. (CESGRANRIO)

Observe as reações de adição dadas aos seguintes alcenos:

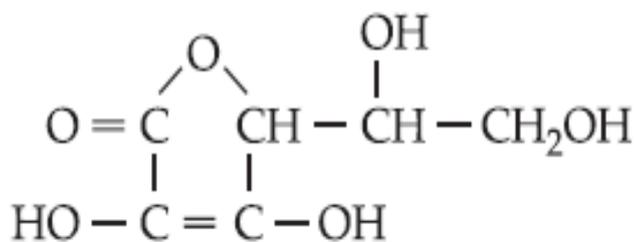


Assinale a opção que contém APENAS a(s) reação(ões) que obedece(m) à Regra de Markovnikov:

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

12. (UFRJ-RJ)

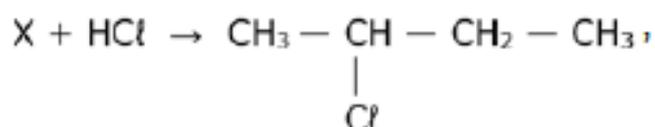
O ácido ascórbico (vitamina C) pode ser obtido de frutas cítricas, do tomate, do morango e de outras fontes naturais e é facilmente oxidado quando exposto ao ar, perdendo as propriedades terapêuticas a ele atribuídas. A estrutura do ácido ascórbico é a seguinte:



Explique por que uma solução de bromo em água ($\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$) é descolorada quando misturada com uma solução de ácido ascórbico.

13. (UECE/2019)

Na reação representada por

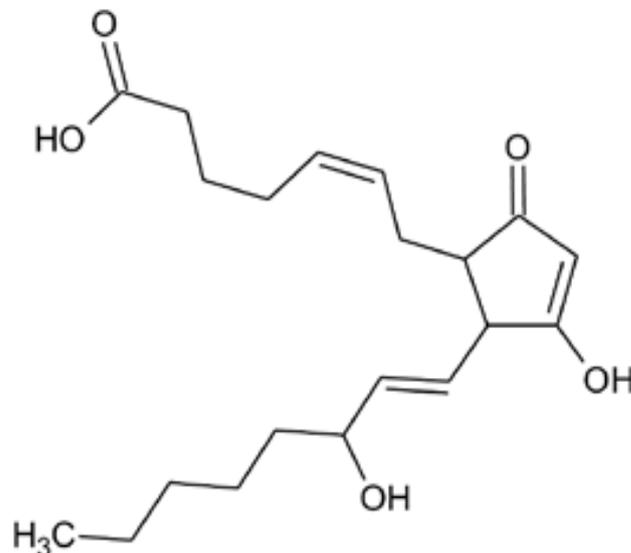


X pode ser substituído por

- A) but-2-ino.
B) ciclobutano.
C) but-1-eno.
D) butano.

14. (UniRV GO/2018)

As prostaglandinas são sinalizadores celulares que estimulam as reações inflamatórias nos tecidos que as produziram assim como nos tecidos adjacentes. Na estrutura a seguir, é exemplificada a prostaglandina E_2 .



Baseando-se na prostaglandina E_2 , assinale V (verdadeiro) ou F (falso) para as alternativas.

- A) A prostaglandina E_2 pode sofrer uma reação de esterificação intracadeia.
B) Na presença de I_2 em meio de CCl_4 , a prostaglandina E_2 sofre reações de adição eletrofílica.
C) Ocorrem os isômeros de tautomeria na cadeia aberta da prostaglandina E_2 .
D) A fórmula molecular da prostaglandina E_2 é $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_5$.

15. (UFU- MG - 2018)

Em países cuja produção da cana não é economicamente viável, utiliza-se reações do eteno (C_2H_4) em meio ácido para produção do álcool.

Essa reação ocorre, porque

- A) a tripla ligação entre os carbonos, em presença de catalisador, é atacada por gás hidrogênio.
B) a dupla ligação entre os carbonos, quimicamente ativa, é atacada por água em meio ácido.
C) a ligação simples, entre os carbonos, presente na estrutura, é instável e sofre uma adição.
D) as ligações da molécula, entre hidrogênio e carbono, sofrem adição do grupo OH, característico do álcool.



QUESTÕES DE REVISÃO



16. (PUC Camp SP/2018)

A margarina é produzida a partir de óleo vegetal, por meio da hidrogenação. Esse processo é uma reação de I na qual uma cadeia carbônica II se transforma em outra III saturada.

As lacunas I, II e III são correta e respectivamente substituídas por

- A) adição – insaturada – menos
- B) adição – saturada – mais
- C) adição – insaturada – mais
- D) substituição – insaturada – menos
- E) substituição – saturada – mais

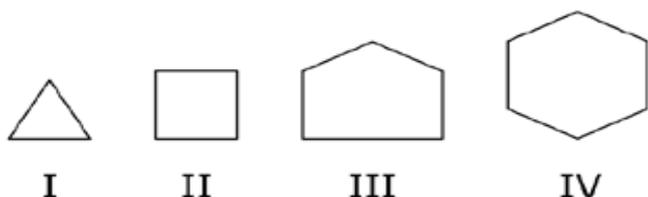
17. (Faculdade Santo Agostinho BA/2018)

Algumas reações químicas são regioseletivas, isto é, uma das direções da reação na formação do produto ocorre, preferencialmente, em relação à outra direção. Isso ocorre na adição do ácido clorídrico ao propeno resultando como produto o

- A) 1-cloropropano.
- B) 1-cloropropeno.
- C) 2-cloropropano.
- D) 2-cloropropeno.

18. (UEPG PR/2017)

Com relação aos compostos abaixo, assinale o que for correto.



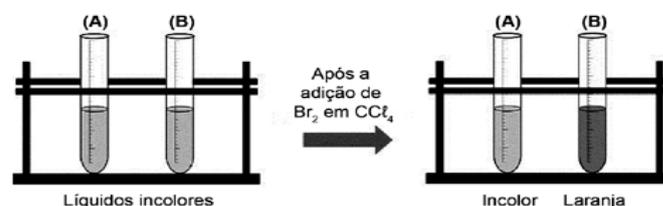
- 1) A estrutura do composto III é mais tensionada que a do composto I.
- 2) O composto IV não reage com H_2 .
- 04. O composto IV é mais estável que o composto II.
- 8) Os ângulos entre as ligações para os compostos I e II apresentam os mesmos valores.
- 16) Em uma reação com H_2 , o composto I é mais reativo que o composto III

19. (UCS RS/2017)

Um estudante de Química da 3ª série do Ensino Médio foi incumbido por seu professor de descartar corretamente duas substâncias químicas, líquidas e incolores (uma de cicloexeno e, outra, de benzeno) que se encontravam em dois frascos. A separação de substâncias químicas em um laboratório é extremamente importante do ponto de vista da sustentabilidade e da gestão ambiental, uma vez que cada uma delas deve ser acondicionada em um contêiner específico para receber o tratamento adequado. Aqui, nessa situação em particular, o cicloexeno deve ser separado do benzeno, pois este último é um hidrocarboneto aromático.

O problema é que os rótulos dos dois frascos, que continham as substâncias, estavam completamente danificados, tornando impossível a respectiva identificação por simples leitura. Ao lembrar de suas aulas sobre reações orgânicas, o estudante resolveu realizar um experimento bastante simples, sob a supervisão do professor, para descobrir em que frasco estava cada uma dessas substâncias.

O experimento consistiu em adicionar à temperatura ambiente cerca de 1,0 mL de uma solução de coloração laranja de Br_2 em CCl_4 a um mesmo volume de líquido de cada uma das substâncias identificadas pelos acrônimos (A) e (B) e, na sequência, em agitar os tubos de ensaios por alguns segundos. No tubo de ensaio (A), a solução de Br_2 descoloriu quase que instantaneamente, enquanto que, no tubo de ensaio (B), o sistema ficou com a coloração laranja. O esquema da figura abaixo ilustra, de forma simplificada, o experimento realizado pelo estudante.



Em relação ao experimento realizado, assinale a alternativa correta.

- A) A substância química no tubo de ensaio (A) é o benzeno.
- B) A substância química no tubo de ensaio (B) é o cicloexeno.
- C) A reação que ocorre no tubo de ensaio (A) dá origem ao 1,2-dibromocicloexano.
- D) A reação que ocorre no tubo (B) dá origem ao 1,2-dibromobenzeno.
- E) As fórmulas mínimas do cicloexeno e do benzeno são, respectivamente, C_6H_8 e C_6H_6 .

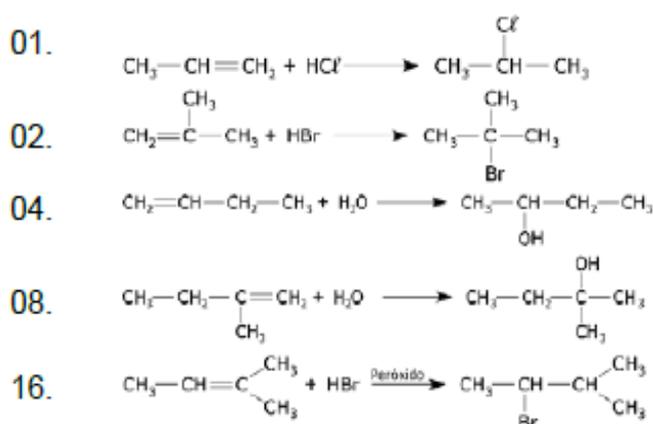


QUESTÕES DE REVISÃO



20. (UEPG PR/2017)

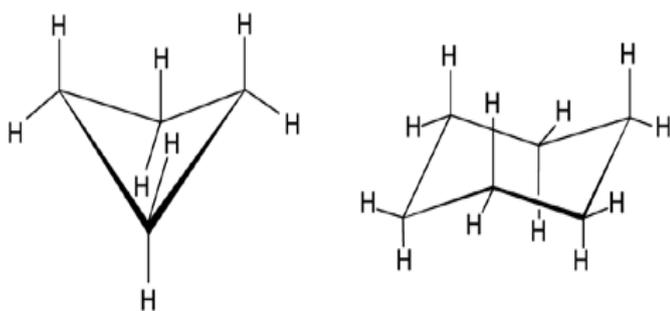
Sobre as reações de adição em alcenos, identifique onde a adição segue a regra de Markovnikov e assinale o que for correto.



21. (Fac. Israelita de C. da Saúde Albert Einstein SP/2017)

Os cicloalcanos reagem com bromo líquido (Br_2) em reações de substituição ou de adição. Anéis cíclicos com grande tensão angular entre os átomos de carbono tendem a sofrer reação de adição, com abertura de anel. Já compostos cíclicos com maior estabilidade, devido à baixa tensão nos ângulos, tendem a sofrer reações de substituição.

Considere as substâncias ciclobutano e ciclohexano, representadas a seguir



Em condições adequadas para a reação, pode-se afirmar que os produtos principais da reação do ciclobutano e do ciclohexano com o bromo são, respectivamente,

- A) bromociclobutano e bromociclohexano.
- B) 1,4-dibromobutano e bromociclohexano.
- C) bromociclobutano e 1,6-dibromoetano.
- D) 1,4-dibromobutano e 1,6-dibromoetano.

22. (UECE/2016)

O cloro ficou muito conhecido devido a sua utilização em uma substância indispensável a nossa sobrevivência: a água potável. A água encontrada em rios não é recomendável para o consumo, sem antes passar por um tratamento prévio. Graças à adição de cloro, é possível eliminar todos os microrganismos patogênicos e tornar a água potável, ou seja, própria para o consumo. Em um laboratório de química, nas condições adequadas, fez-se a adição do gás cloro em um determinado hidrocarboneto, que produziu o 2,3-diclorobutano. Assinale a opção que corresponde à fórmula estrutural desse hidrocarboneto.

- a) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- b) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$
- c) $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$
- d) $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$

23. (UFMG-MG)

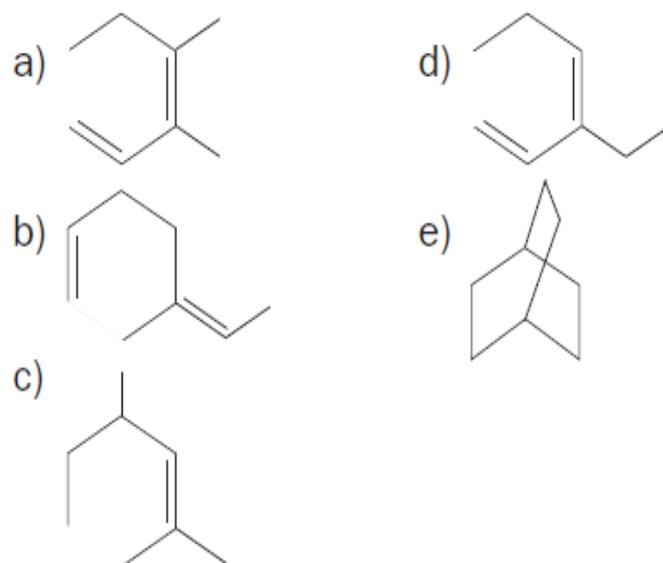
Uma substância apresentou as seguintes características:

I — Descora solução de Br_2 em CCl_4 .

II — Absorve apenas 1 mol de H_2 quando submetida à reação de hidrogenação catalítica.

III — Pode apresentar isomeria óptica.

Uma fórmula estrutural possível para essa substância é:





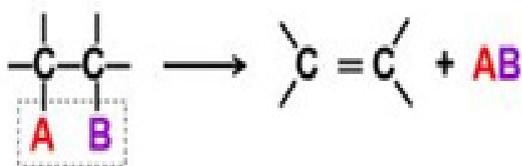
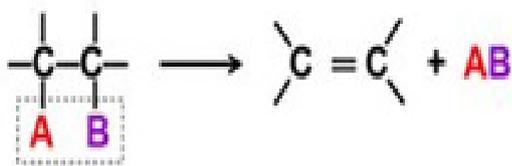
Fórmula da
Química

MÓDULO 19

REAÇÕES DE ELIMINAÇÃO

REAÇÕES DE ELIMINAÇÃO

As reações de eliminação são reações orgânicas nas quais átomos ou grupos de átomos são removidos das moléculas dos reagentes com formação de ligações covalentes múltiplas.

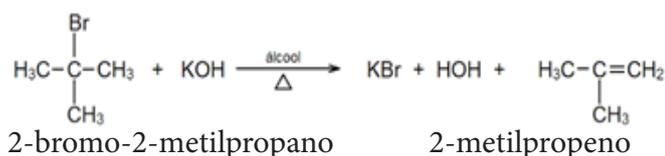


Os principais tipos de reações de eliminação são:

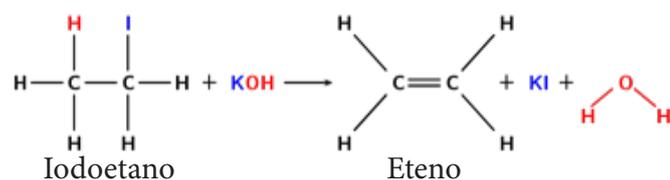
- Desidroalogenação de haletos de alquila.
- Desidratação intramolecular de álcoois.
- Desidratação intermolecular de álcoois.
- Eliminação de haletos vicinais.
- Desidratação intermolecular de ácidos carboxílicos

REAÇÕES DE DESIDROALOGENAÇÃO DE HALETOS DE ALQUILA

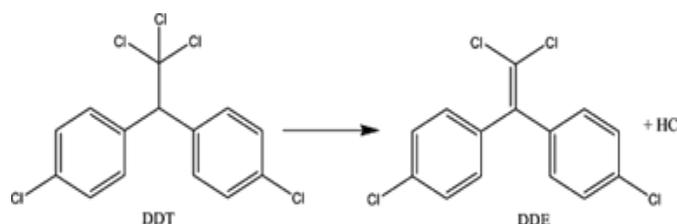
A potassa alcóolica, uma mistura de etanol e hidróxido de potássio, é utilizada para realizar a eliminação em haletos de alquila. Observe o exemplo abaixo em que o haleto orgânico 2-bromo-2-metilpropano reage com hidróxido de potássio dissolvido em etanol e na presença de aquecimento:



Veja outro exemplo: a reação de eliminação em iodoetano promovida pela potassa alcóolica:

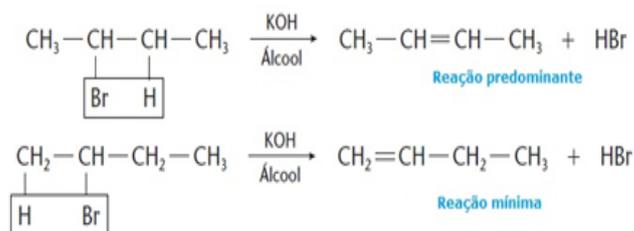


Observe agora a reação que ocorre entre o inseticida DDT com potassa alcóolica com formação do produto DDE:

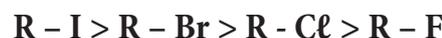


REGRA DE SAYTZEFF (1875)

Na desidroalogenação do haleto de alquila, o produto da reação que se forma preferencialmente é o alqueno que tiver o maior número de grupos alquila ligados aos átomos de carbono da ligação covalente dupla. Veja que a desidroalogenação do composto 2-bromobutano, na presença de potassa alcóolica, produz preferencialmente a substância but-2-eno, em que o hidrogênio foi retirado do carbono que se liga a menor número de átomos de hidrogênio, como representado na equação abaixo. A segunda equação representa a formação do produto secundário, but-1-eno, produzido em menor quantidade em desacordo com a regra de Saytzeff:

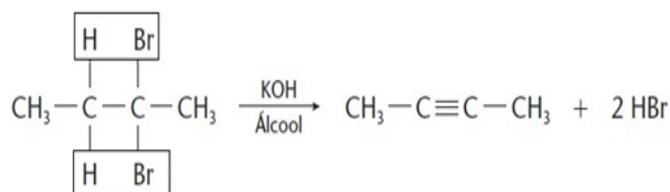


A reatividade relativa dos haletos de alquila pode ser disposta na ordem decrescente:



A ordem decrescente de reatividade apresentada pode ser justificada, pois quando o raio do halogênio diminui, o comprimento da ligação R - X diminui e a energia de ligação aumenta, dificultando a ruptura o que limita a reatividade do haleto de alquila.

A desidroalogenação de haletos de alquila também pode formar um alquino como no exemplo mostrado a seguir:

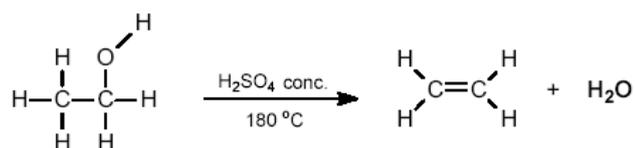


2,2-dibromobutano but-2-ino

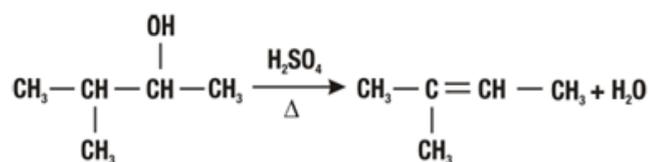
DESIDRATAÇÃO INTRAMOLECULAR DOS ÁLCOOIS

Os álcoois primários, secundários e terciários podem sofrer reações de desidratação na presença de soluções concentradas de ácido como o ácido sulfúrico e mediante aquecimento com formação de alcenos.

Observe a reação de desidratação do etanol que ocorre mediante aquecimento e na presença de ácido sulfúrico concentrado como catalisador:



As reações de desidratação de álcoois secundários e terciários seguem a regra de Saytzeff, que diz que a reação predominante sempre produz o alceno mais ramificado. Isso significa que o hidrogênio com maior tendência para sair é do carbono menos hidrogenado. Observe a desidratação em meio ácido do 3-metilbutan-2-ol. O produto principal é obtido retirando-se o hidrogênio do carbono menos hidrogenado ligado ao carbono hidroxilado. Veja a equação química:

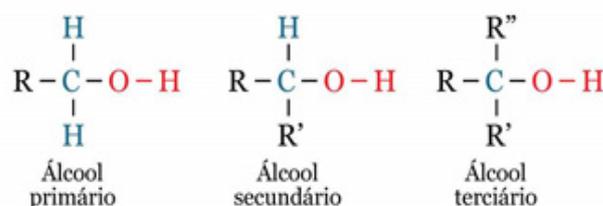


3-metilbutan-2-ol 2-metilbut-2-eno

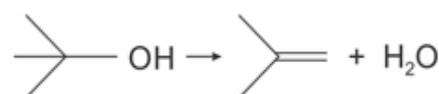
REATIVIDADE RELATIVA DE ÁLCOOIS EM REAÇÕES DE DESIDRATAÇÃO

Desse modo, a facilidade de saída do hidrogênio segue a seguinte ordem crescente:

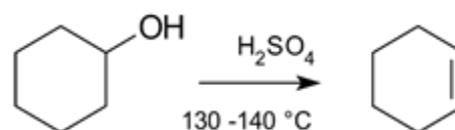
álcool primário < álcool secundário < álcool terciário.



Álcoois terciários sofrem desidratação fácil em condições amenas. Por exemplo, o álcool terc-butílico sofre desidratação em soluções diluídas de ácido sulfúrico e mediante pouco aquecimento, à temperatura de 85 °C, como mostra a equação a seguir:



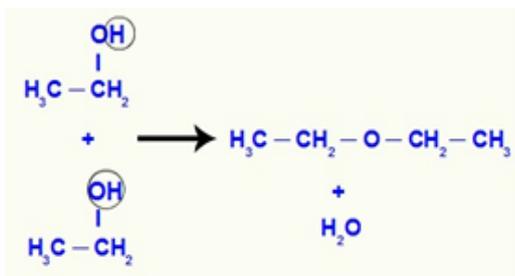
Álcoois secundários desidratam em condições amenas, porém menos, que os álcoois terciários. Por exemplo, o cicloexanol sofre na presença de solução concentrada de ácido sulfúrico e mediante aquecimento até atingir temperatura entre 130 °C e 140 °C.



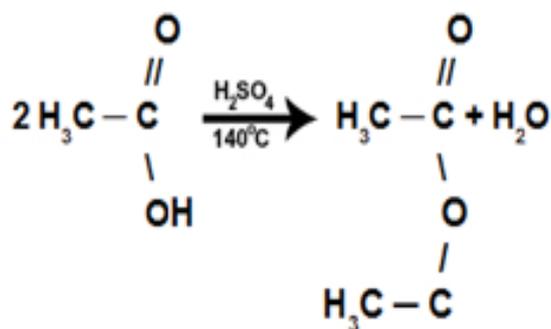
Álcoois primários se desidratam em condições mais severas como a presença de ácidos fortes e temperatura alta. O etanol, por exemplo, se desidrata na presença de solução concentrada de ácido sulfúrico e temperatura de 170 °C, como mostrado anteriormente.

DESIDRATAÇÃO INTERMOLECULAR DOS ÁLCOOIS

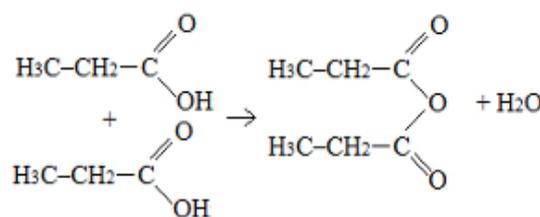
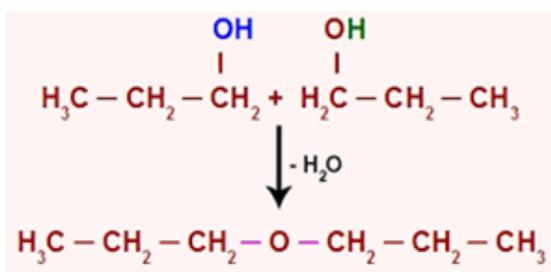
A retirada de uma molécula de água envolvendo duas moléculas do álcool é mais comum em álcoois primários. Ocorre a formação de uma molécula de um éter e o aquecimento não precisa ser tão intenso como exige a desidratação intramolecular. O etanol, por exemplo, sofre desidratação intermolecular com aquecimento até atingir 140 °C e na presença de ácido sulfúrico como catalisador, formando o éter, denominado etoxietano e água, como mostra a equação a seguir:



A desidratação intermolecular do álcool primário propan-1-ol pode ser representada pela equação abaixo. A temperatura ideal para a ocorrência da reação é 140 °C e o éter propoxipropano é formado.



O ácido propanoico se desidrata intermolecularmente, de forma que duas moléculas do ácido sai uma molécula de água, com produção do anidrido propanoico. As condições da reação são presença de solução concentrada de ácido sulfúrico que atua como catalisador e temperatura em torno de 140 °C.

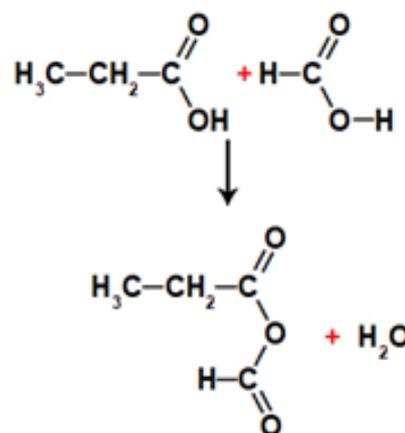
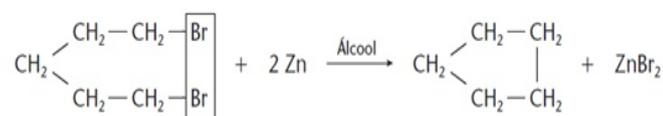
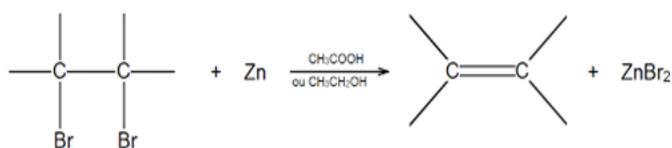


Duas moléculas de ácido propanoico Anidrido propanoico Água

ELIMINAÇÃO EM HALETOS VICINAIS

Os dialetos vicinais podem sofrer reações de eliminação na presença zinco e etanol ou ácido acético. Os átomos de halogêneos ligados a átomos de carbono vizinhos são subtraídos com formação de um alceno e de um haleto de zinco, como mostrado na equação abaixo:

Os ácidos carboxílicos envolvido na reação de desidratação intermolecular podem ser diferentes como mostra o exemplo abaixo em que reagem ácido metanoico e ácido propanoico com formação do anidrido metanoico-propanoico, como mostra a equação abaixo:



DESIDRATAÇÃO INTERMOLECULAR DE ÁCIDOS CARBOXÍLICOS

Os ácidos carboxílicos podem sofrer desidratação intermolecular com formação de anidridos orgânicos. As reações exigem aquecimento próximo de 140 °C e solução concentrada de ácido sulfúrico como catalisador. O ácido acético, por exemplo, pode sofrer reação de desidratação intermolecular, produzindo anidrido acético, como mostra a equação a seguir:

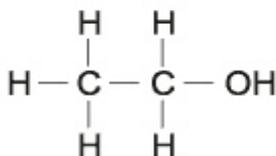


QUESTÕES DE REVISÃO



1. (UFF - 2010)

O álcool etílico pode ser encontrado tanto em bebidas alcoólicas quanto em produtos de uso doméstico e tem a seguinte estrutura química:



A diferença entre esses produtos comerciais está na concentração do etanol. Enquanto uma latinha de cerveja possui cerca de 6% do álcool, um litro do produto doméstico possui cerca de 96%, ou seja, uma concentração muito maior. Caso a energia acumulada, pelo consumo exagerado de algumas bebidas alcoólicas, não seja gasta, pode resultar, então, na famosa "barriga de cerveja". O álcool altera o funcionamento normal do metabolismo. Em relação aos álcoois, é correto afirmar que:

- A) o etanol é menos ácido do que o propano.
- B) uma reação do 2-propanol com ácido sulfúrico e aquecimento pode levar a uma reação de eliminação (desidratação).
- C) a oxidação do etanol na presença de ar atmosférico e sob ação de catalisador produz propanona e água.
- D) o 2-propanol tem ponto de ebulição menor do que o etanol.
- E) o éter etílico não pode ser obtido a partir do etanol.

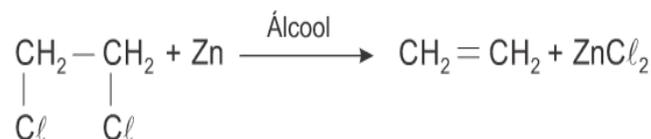
2. (UNIMONTES - 2011)

O eteno ou etileno é matéria-prima para produção do polímero polietileno, o qual é usado na fabricação de garrafas flexíveis, filmes, folhas e isolantes para fios elétricos. As alternativas a seguir apresentam, de forma simplificada, sugestões de como preparar o eteno. Sendo assim, a reação que poderá levar ao produto desejado é:

- A) oxidação do propeno.
- B) desidratação do propan-1-ol.
- C) adição de HCl ao etino.
- D) desidratação do etanol.

3. (IMED - 2016)

Analise a Reação Orgânica abaixo:



Essa reação é uma reação de:

- A) Adição.
- B) Ozonólise.
- C) Eliminação.
- D) Substituição.
- E) Desidratação.

4. UFPE

Álcoois não são utilizados somente como combustíveis, mas também na produção de derivados do petróleo, como, por exemplo, alquenos. Qual dos álcoois abaixo produzirá propeno a partir da desidratação em meio ácido?

- A) 2-metil-2-propanol.
- B) etanol.
- C) 2-propanol.
- D) 2-butanol.
- E) 2-metil-1-propanol.

5. (UESPI - 2012)

Até meados do século XIX, as cirurgias eram realizadas sem anestesia. Só em 1846, um dentista de Boston, William Morton, conseguiu demonstrar que o éter (etoxietano) podia ser usado para induzir a narcose, uma inconsciência temporária, durante procedimentos cirúrgicos. O etoxietano pode ser obtido pela:

- A) reação do etanoato de metila e etanol.
- B) reação do etanol com ácido etanoico.
- C) oxidação do etanal com KMnO_4 .
- D) desidratação do ácido etanoico por ação do ácido sulfúrico.
- E) desidratação intermolecular do etanol em presença de ácido sulfúrico.



QUESTÕES DE REVISÃO



6. (UERJ)

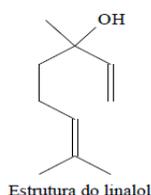
Para um experimento, quantidades iguais de propan-1-ol e de ácido sulfúrico foram adicionadas em dois reatores idênticos, A e B, mantidos em temperaturas diferentes. Ao final das reações, em cada reator, formaram-se um produto orgânico distinto e diferentes quantidades de água, conforme apresentado na tabela a seguir.

Reator	Temperatura (°C)	Produto orgânico	Concentração de água formada (g.L ⁻¹)
A	< 140	X	18
B	> 170	Y	36

Considerando o reator B, calcule a concentração inicial de propan-1-ol, em g.L⁻¹, nomeie o produto orgânico Y e classifique a reação. Em seguida, apresente a fórmula estrutural do produto orgânico X.

7. (UFES)

O pau-rosa (*Aniba rosaeodora* var *amazonica* Ducke syn *Aniba duckei* Kostermans), da família Lauraceae, destaca-se na produção de óleo essencial de aroma agradável, rico em linalol e muito utilizado na indústria de perfumaria. O óleo para fins comerciais é obtido a



- A) Apresenta o nome sistemático de 3-hidróxi-3,7-dimetilocta-1,6-dieno.
- B) Apresenta isomeria espacial do tipo cis-trans.
- C) Sofre reação de desidratação, levando à formação de 2 ligações duplas conjugadas.
- D) Apresenta em sua estrutura um álcool secundário.
- E) Possui 5 carbonos sp² e 5 carbonos sp³.

8. (FEI - SP)

É possível preparar etileno e éter etílico, a partir do álcool etílico, de acordo com o esquema:

Álcool Etílico → **Etileno** + **Substância X**

Álcool Etílico → **Éter Etílico** + **Substância Y**

As substâncias X e Y representam, respectivamente:

- A) água e água.
- B) hidrogênio e hidrogênio.
- C) água e hidrogênio.
- D) oxigênio e hidrogênio.
- E) oxigênio e água.

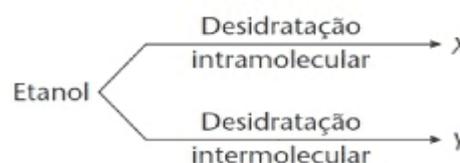
9. (CESGRANRIO)

Da mistura de etanol, 2-propanol e ácido sulfúrico aquecida podem ser destilados:

- A) éter etílico, éter etil-isopropílico, éter di-isopropílico.
- B) ácido acético, ácido propanóico.
- C) propanoato de etila, pentanona.
- D) butano, pentano, hexano.
- E) etanal, propanal.

10. (UNIFOR - CE)

Considere o esquema abaixo, que representa reações químicas de desidratação.

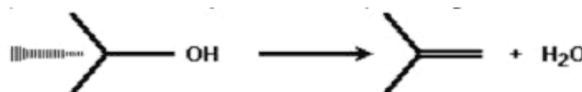


Os produtos X e Y devem ser, respectivamente:

- A) etano e éter dietílico.
- B) eteno e éter dimetílico.
- C) eteno e éter dietílico.
- D) éter dietílico e etano.
- E) éter dimetílico e eteno.

11. (UFRGS - 2005)

Considere a reação e o texto que a segue.



Obs.: As ligações com as representações e indicam, respectivamente, ligações que se aproximam do observador e ligações que se afastam do observador.

O terc-butanol (composto 1), quando aquecido na presença de um catalisador leva através de uma reação típica de à formação do isobutileno (composto 2), cujo nome IUPAC é

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto, na ordem em que aparecem.

- A) ácido - desidratação - 1,1-dimetileno
- B) básico - condensação - 1,1-dimetileno
- C) metálico - adição - 2-metilpropeno
- D) básico - desidratação - 2-metilpropeno
- E) ácido - eliminação - 2-metilpropeno

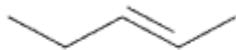


QUESTÕES DE REVISÃO



12. (UFPE - 2013)

Quando o 2-bromopentano sofre reação de eliminação, os produtos A e B, abaixo, podem ser formados:



A



B

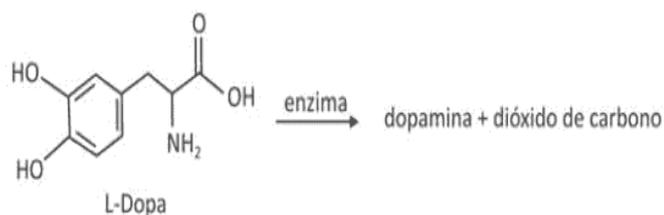
Com base nessa informação, analise as proposições a seguir.

- () O produto B é o majoritário, de acordo com a regra de Saytzeff.
- () Os produtos A e B são trans e cis, respectivamente.
- () O composto de partida é um haleto orgânico que possui um centro assimétrico.
- () Os produtos A e B são isômeros de posição.
- () O subproduto desta reação é o bromo (Br_2).

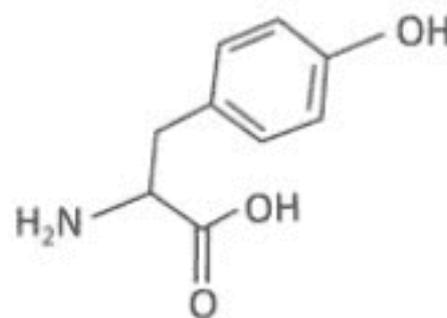
- A) Todas as alternativas são falsas.
- B) Todas as alternativas são verdadeiras.
- C) Apenas duas alternativas são falsas.
- D) Apenas duas alternativas são verdadeiras.

13. (FUVEST - 2017)

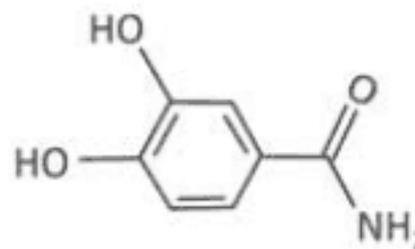
A dopamina é um neurotransmissor importante em processos cerebrais. Uma das etapas de sua produção no organismo humano é a descarboxilação enzimática da L-Dopa, como esquematizado:



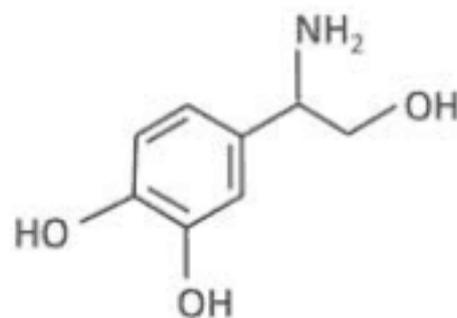
Sendo assim, a fórmula estrutural da dopamina é:



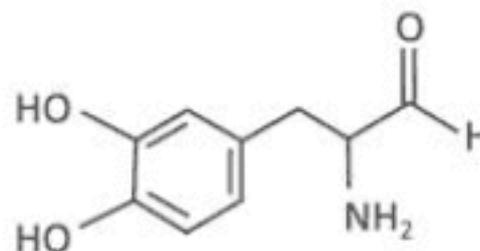
a.



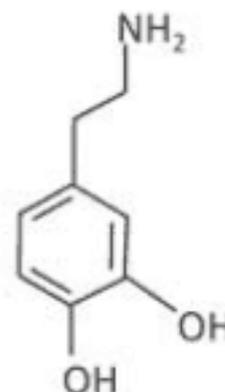
b.



c.



d.



e.



Fórmula da
Química

MÓDULO 21

REAÇÕES DE OXIDAÇÃO

REAÇÕES DE OXIDAÇÃO

Oxidação é o processo de perda de elétrons por uma espécie química. As substâncias orgânicas podem ser oxidadas na presença de reagentes oxidantes específicos. As reações de oxidação de álcoois e alcenos têm grande interesse na Química porque produzem substâncias importantes como aldeídos, cetonas e ácidos carboxílicos.

Os reagentes oxidantes mais comuns são:

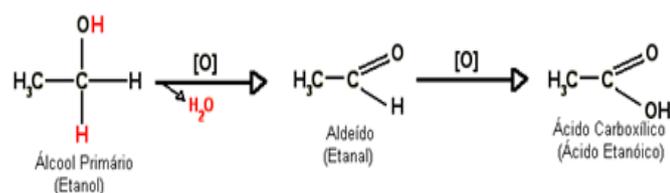
- Solução aquosa de permanganato de potássio (KMnO_4) de cor violeta. Em meio ácido, o manganês altera seu número de oxidação 7+ para 2+, formando o cátion Mn^{2+} , descolorindo a solução. Em meio básico, o manganês altera seu número de oxidação de 7+ para 4+, na forma de dióxido de manganês (MnO_2), um sólido preto.
- Solução aquosa de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) de cor alaranjada. Durante a oxidação, o número de oxidação do cromo passa de 6+ para 3+ (alterando a cor da solução para verde).
- Ozônio (O_3) gasoso.
- Oxigênio.

OXIDAÇÃO DE ÁLCOOIS PRIMÁRIOS

Os álcoois primários reagem com substâncias oxidantes formando aldeídos que também oxidam e formam ácidos carboxílicos:

Álcool primário \rightarrow Aldeído \rightarrow Ácido carboxílico.

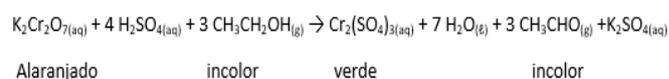
O etanol, por exemplo, oxida na presença da solução ácida de dicromato de potássio produzindo acetaldeído que continua o processo da oxidação formando ácido acético, como mostra a equação abaixo:



Na figura acima, [O] representa a presença de átomos de oxigênio, comumente denominado oxigênio nascente, fornecidos pelo agente oxidante que pode ser dicromato de potássio, permanganato de potássio ou oxigênio molecular, dentre outros.

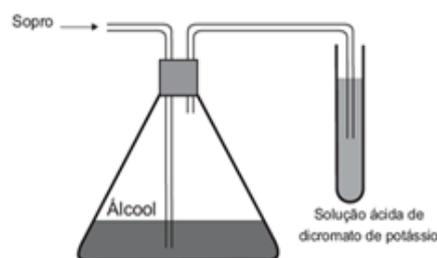
O teste do bafômetro descartável, usado para identificar motoristas que dirigem depois de ingerir bebidas alcoólicas, é baseado na mudança de cor que ocorre na reação de oxidação do etanol com dicromato de potássio em meio ácido produzindo etanal.

A reação que ocorre pode ser representada pela equação química:

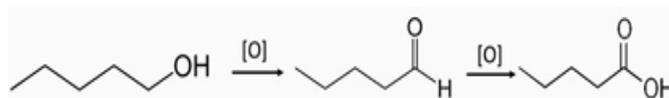


Quando o álcool presente no ar exalado pelo motorista reage com a solução alaranjada de dicromato de potássio, ocorre redução de ânions dicromato e formação de cátions Cr^{3+} que tornam a solução esverdeada.

O esquema abaixo representa um experimento que pode ser feito para demonstrar o teste do bafômetro. A corrente de ar provocada pelo sopro arrasta moléculas de etanol que vão reagir com a solução de dicromato de potássio presente no tubo de ensaio, alterando a cor da solução de alaranjado para verde.



Veja agora a oxidação do álcool primário pentan-1-ol. Na presença de um reagente oxidante, as moléculas do álcool oxidam e formam moléculas do aldeído pentanal que, por sua vez, reagem com o oxidante formando moléculas do ácido pentanoico:

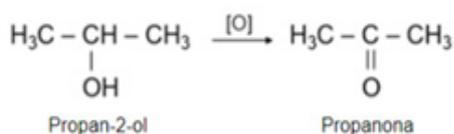


OXIDAÇÃO DE ÁLCOOIS SECUNDÁRIOS

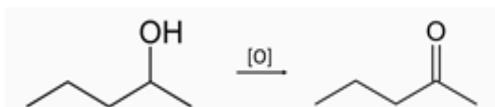
Os álcoois secundários oxidam formando cetonas e liberando moléculas de água. Os reagentes oxidantes utilizados são os mesmos empregados na oxidação de álcoois primários.

Álcool secundário \rightarrow Cetona

A cetona mais simples é a propanona, conhecida como acetona, tem grande aplicação na indústria química, sobretudo na preparação de solventes. Pode ser produzida a partir da oxidação do propan-2-ol. Observe a equação química:



Vamos considerar um exemplo: a oxidação do álcool secundário pentan-2-ol com formação da cetona pentan-2-ona, como mostra a equação química abaixo.

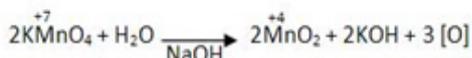


Observação: álcoois terciários não sofrem oxidação.

OXIDAÇÃO DE ALQUENOS

OXIDAÇÃO BRANDA

Os alcenos sofrem oxidação branda na presença de solução aquosa de permanganato de potássio neutra ou básica e à frio. O permanganato de potássio é conhecido como reagente de Bayer. Na reação, o manganês sofre redução alterando seu número de oxidação de 7+ para 4+, havendo formação do óxido de manganês (IV) de fórmula MnO_2 , precipitado como um sólido marrom.

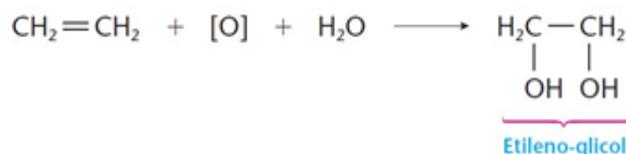


O alceno é, então, transformado em um diálcool vicinal, com as duas hidroxilas ligadas à carbonos vizinhos, com oxidação parcial dos átomos de carbono que estabelecem a ligação covalente dupla. Na reação, ocorre a ruptura de uma ligação covalente π e a formação de ligação covalente $\text{C}-\text{O}$.

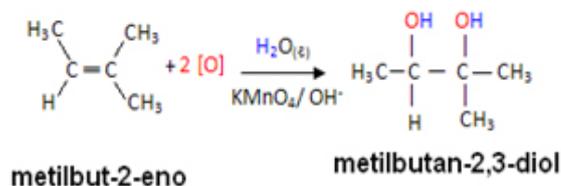
Alceno \rightarrow diálcool vicinal

A oxidação branda do etileno (eteno) possui grande interesse na indústria química porque produz etilenoglicol, um anticongelante adicionado ao líquido presente nos radiadores de carros e também

na produção de bebidas como as cervejas. Observe a equação abaixo que representa a oxidação branda do etanol, na presença de solução básica de permanganato de potássio:



Observe a oxidação branda do alceno metilbut-2-eno na presença da solução aquosa básica de permanganato de potássio. Veja que é formado o diálcool metilbutan-2,3-diol, como mostra a equação abaixo:



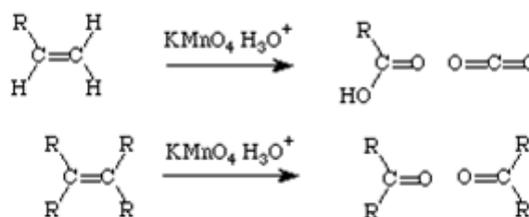
OXIDAÇÃO ENÉRGICA DE ALCENOS

Os alcenos reagem de forma enérgica com soluções ácidas de permanganato de potássio que possuem coloração violeta, mediante aquecimento. Na reação, o número de oxidação do manganês alterna de 7+ para 2+, sofrendo redução, com descoloração da solução.

As reações de oxidação enérgica de alcenos podem produzir:

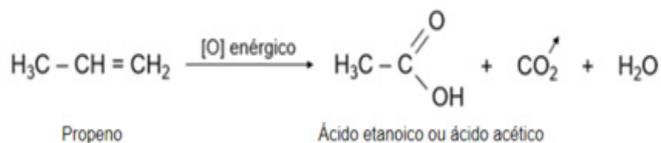
- ácido carboxílico.
- cetona.
- gás carbônico e água.

A formação dos produtos dependerá de sua estrutura molecular, como representado pela figura abaixo:

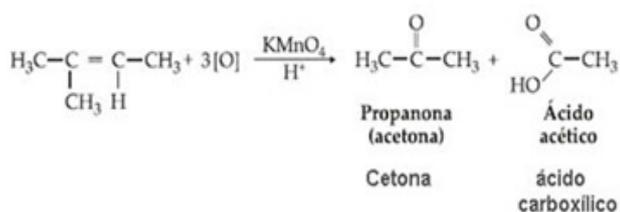


Na oxidação enérgica dos alcenos, ocorrem a ruptura da ligação covalente dupla entre átomos de carbono e a formação de ligação covalente dupla entre átomos de carbono e oxigênio, $\text{C}=\text{O}$ e de ligações simples $\text{O}-\text{H}$.

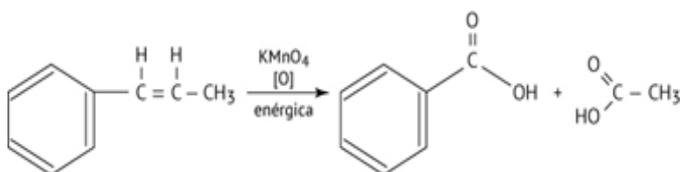
Veja o exemplo da oxidação enérgica do propeno. A ligação covalente dupla entre os átomos de carbono foi rompida e formada a ligação covalente dupla C = O e também a ligação covalente O - H, com formação do ácido carboxílico. O carbono terminal oxida, produzindo gás carbônico e água.



Observe a oxidação enérgica do 2-metilbut-2-eno com formação de uma cetona e um ácido carboxílico.



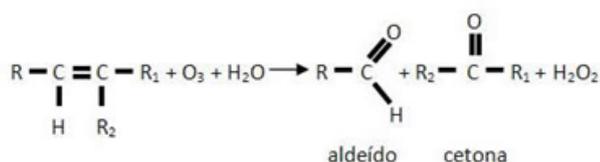
Outro exemplo: a oxidação do composto 1-fenilprop-1-eno, formando os ácidos benzoico e acético, como representado na equação abaixo:



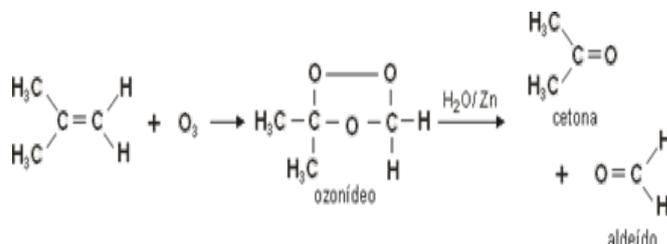
OZONÓLISE DO ALCENOS

O ozônio não é um oxidante tão potente quanto o permanganato de potássio em meio ácido, mas consegue oxidar os alcenos com formação de aldeídos e cetonas. Observe que não há formação de ácido carboxílico, gás carbônico e água, como ocorre na oxidação enérgica dos alcenos.

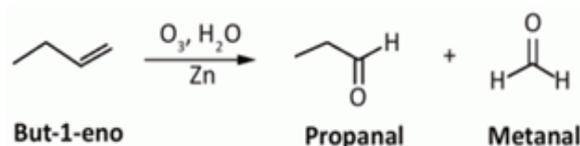
Ozonólise de alcenos → Aldeído e/ou cetona.



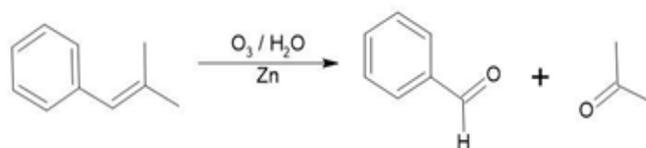
Como ocorre a produção de um composto intermediário denominado ozonídeo, é necessário utilizar, além do ozônio, zinco e água que promoverão a destruição do ozonídeo, como mostra o esquema ao lado:



Veja um exemplo: quando o alceno but-1-eno reage com ozônio, na presença de zinco e água, são formados propanal e metanal.

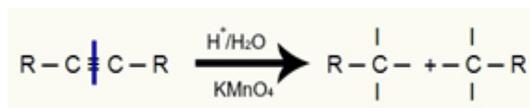


A equação abaixo representa a reação da ozonólise do alceno 1-fenil-2-metilprop-1-eno. Os produtos são benzaldeído e propanona:

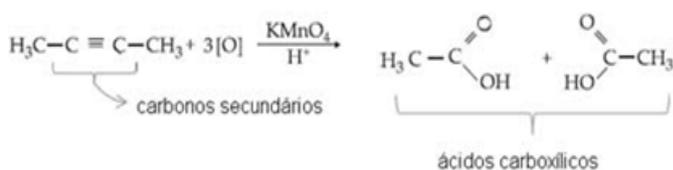


OXIDAÇÃO DE ALCINOS

Os alcinos podem sofrer oxidação enérgica ao reagirem com soluções aquosas ácidas de permanganato de potássio. Na reação, a ligação covalente tripla é rompida mediante a ação de átomos de oxigênio nascentes liberados pelo permanganato de potássio. Assim, a molécula do alcino é dividida em duas partes e cada átomo de carbono, que antes estabelecia a ligação covalente tripla, fica com agora com três valências livre.



Com isso, são estabelecidas as ligações covalentes para a formação da carboxila. Formam-se, então, dois ácidos carboxílicos, como mostra o exemplo da oxidação do alcino but-2-ino:



Se o alcino possuir carbono terminal, a sua oxidação produz gás carbônico e água.



QUESTÕES DE REVISÃO



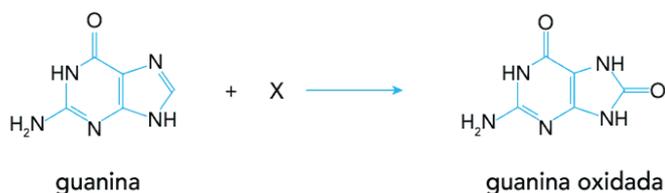
1. (UFES)

A reação do tolueno com permanganato de potássio em meio ácido leva à formação do ácido benzóico. Essa transformação envolve uma reação de:

- A) acilação.
- B) hidrogenação.
- C) sulfonação.
- D) substituição na cadeia lateral.
- E) oxidação.

2. (UERJ - 2014)

Considere, agora, a adição de um átomo X na oxidação da guanina, conforme esquematizado na equação química:

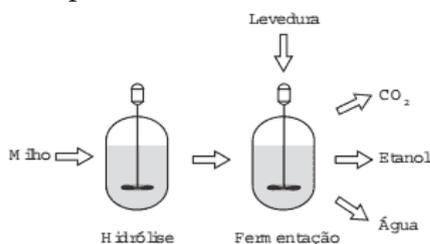


Nessa equação, o átomo correspondente a X é simbolizado por:

- A) C
- B) H
- C) N
- D) O

3. (ENEM 2016)

O esquema representa, de maneira simplificada, o processo de produção de etanol utilizando milho como matéria-prima.

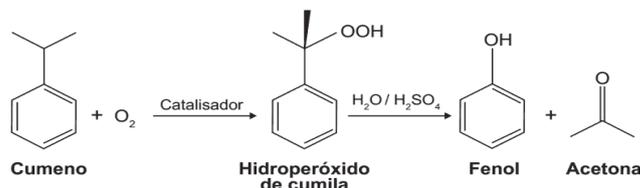


A etapa de hidrólise na produção de etanol a partir do milho é fundamental para que

- A) a glicose seja convertida em sacarose
- B) as enzimas dessa planta sejam ativadas
- C) a maceração favoreça a solubilização em água
- D) o amido seja transformado em substratos utilizáveis pela levedura
- E) os grãos com diferentes composições químicas sejam padronizados

4. (ENEM - 2014)

O principal processo industrial utilizado na produção de fenol é a oxidação do cumeno (isopropilbenzeno). A equação mostra que esse processo envolve a formação do hidroperóxido de cumila, que em seguida é decomposto em fenol e acetona, ambos usados na indústria química como precursores de moléculas mais complexas. Após o processo de síntese, esses dois insumos devem ser separados para comercialização individual.



Considerando as características físico-químicas dos dois insumos formados, o método utilizado para a separação da mistura, em escala industrial, é a

- A) filtração.
- B) ventilação.
- C) decantação.
- D) evaporação.
- E) destilação fracionada.

5. (UFF - 2012)

Os alcenos, também conhecidos como alquenos ou olefinas, são hidrocarbonetos insaturados por apresentarem pelo menos uma ligação dupla na molécula. Os alcenos mais simples, que apresentam apenas uma ligação dupla, formam uma série homóloga, com fórmula geral C_nH_{2n}. Eles reagem com o ozônio (O₃), formando ozonetos (ou ozonídeos), que por hidrólise produzem aldeídos ou cetonas.

Considerando essas informações, pode-se afirmar que no caso da ozonólise do:

- A) 2-metil-2-buteno, os produtos serão o etanal e a propanona.
- B) 2-metil-2-buteno, o produto formado será apenas o etanal.
- C) 2,3-dimetil-2-buteno, o produto formado será apenas o propanal.
- D) 2-metil-2-buteno, o produto formado será apenas a butanona.
- E) 2-buteno, os produtos formados serão a propanona e o metanal.

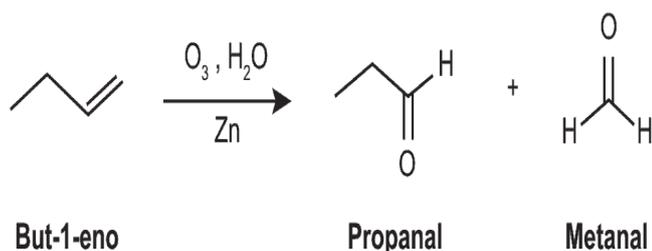


QUESTÕES DE REVISÃO

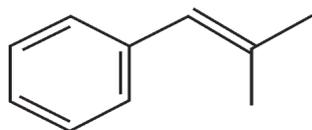


6. (ENEM - 2017)

A ozonólise, reação utilizada na indústria madeireira para a produção de papel, é 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.



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.

7. (PUC-MG - 2004)

A ozonólise do composto metil-2-buteno, seguida de hidrólise, em presença de zinco metálico, produz:

- A) propanal e etanal.
- B) metanal e etanal.
- C) etanal e propanona.
- D) propanal e propanona.

8. (UNICAMP - 2018)

No Brasil, cerca de 12 milhões de pessoas sofrem de diabetes mellitus, uma doença causada pela incapacidade do corpo em produzir insulina ou em utilizá-la adequadamente. No teste eletrônico para determinar a concentração da glicose sanguínea, a glicose é transformada em ácido glucônico e o hexacianoferrato(III) é transformado em hexacianoferrato(II), conforme mostra o esquema a seguir.

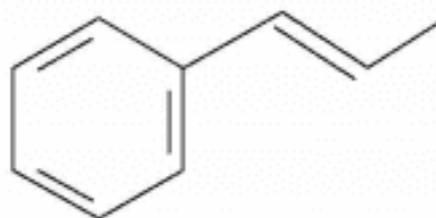


Em relação ao teste eletrônico, é correto afirmar que

- A) a glicose sofre uma reação de redução e o hexacianoferrato(III) sofre uma reação de oxidação.
- B) a glicose sofre uma reação de oxidação e o hexacianoferrato(III) sofre uma reação de redução.
- C) ambos, glicose e hexacianoferrato(III), sofrem reações de oxidação.
- D) ambos, glicose e hexacianoferrato(III), sofrem reações de redução.

9. (ENEM - 2015)

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.



QUESTÕES DE REVISÃO



10. (FUVEST - 2015)

O 1,4-pentanodiol pode sofrer reação de oxidação em condições controladas, com formação de um aldeído A, mantendo o número de átomos de carbono da cadeia. O composto A formado pode, em certas condições, sofrer reação de descarbonilação, isto é, cada uma de suas moléculas perde CO, formando o composto B. O esquema a seguir representa essa sequência de reações:



Os produtos A e B dessas reações são:

- a.

A	B
- b.

A	B
- c.

A	B
- d.

A	B
- e.

A	B

11. (UPE)

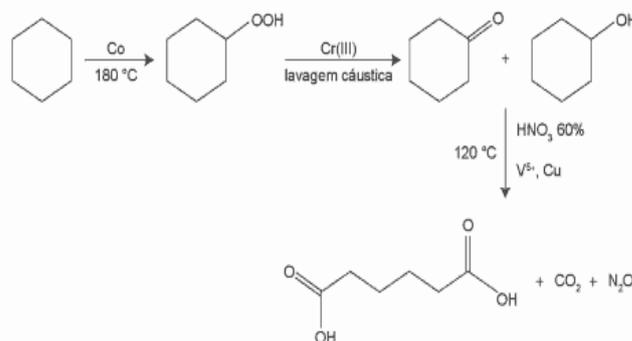
O alcino que, por oxidação enérgica em meio sulfúrico, origina um único produto, o ácido acético, é:

- A) propino
- B) 1-pentino
- C) acetileno
- D) 2-butino
- E) 1-butino

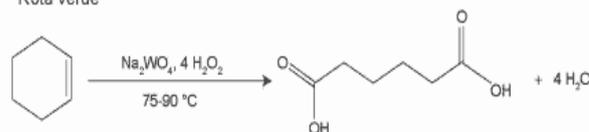
12. (ENEM - 2015)

A química verde permite o desenvolvimento tecnológico com danos reduzidos ao meio ambiente, e encontrar rotas limpas tem sido um grande desafio. Considere duas rotas diferentes utilizadas para a obtenção de ácido adípico, um insumo muito importante para a indústria têxtil e de plastificantes.

Rota tradicional (marrom)



Rota verde



Que fator contribuiu positivamente para que a segunda rota de síntese seja verde em comparação à primeira?

- A) Etapa única na síntese.
- B) Obtenção do produto puro.
- C) Ausência de reagentes oxidantes.
- D) Ausência de elementos metálicos no processo.
- E) Gasto de energia nulo na separação do produto.

13. (MACKENZIE-SP)

O menor alceno que, por oxidação energética (KMnO_4/H^+ a quente), fornece um ácido carboxílico e uma cetona é:

- A) Propeno
- B) 3-metil-2-penteno
- C) Dimetil, 2-butenos
- D) 2-metil, 1-butenos
- E) Metil-2-butenos



QUESTÕES DE REVISÃO



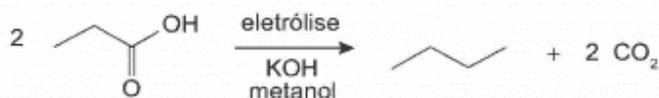
14. (UNICAMP - 2016)

Podemos obter energia no organismo pela oxidação de diferentes fontes. Entre essas fontes destacam-se a gordura e o açúcar. A gordura pode ser representada por uma fórmula mínima $(CH_2)_n$ enquanto um açúcar pode ser representado por $(CH_2O)_n$. Considerando essas duas fontes de energia, podemos afirmar corretamente que, na oxidação total de 1 grama de ambas as fontes em nosso organismo, os produtos formados são

- A) os mesmos, mas as quantidades de energia são diferentes.
- B) diferentes, mas as quantidades de energia são iguais.
- C) os mesmos, assim como as quantidades de energia.
- D) diferentes, assim como as quantidades de energia.

15. (ENEM - 2015)

Hidrocarbonetos podem ser obtidos em laboratório por descarboxilação oxidativa anódica, processo conhecido como eletrossíntese de Kolbe. Essa reação é utilizada na síntese de hidrocarbonetos diversos, a partir de óleos vegetais, os quais podem ser empregados como fontes alternativas de energia, em substituição aos hidrocarbonetos fósseis. O esquema ilustra simplificada esse processo.



AZEVEDO, D. C.; GOULART, M. O. F. *Estereosseletividade em reações eletrodicas*. *Química Nova*, n. 2, 1997 (adaptado).

Com base nesse processo, o hidrocarboneto produzido na eletrólise do ácido 3,3-dimetil-butanoico é o

- A) 2,2,7,7-tetrametil-octano.
- B) 3,3,4,4-tetrametil-hexano.
- C) 2,2,5,5-tetrametil-hexano.
- D) 3,3,6,6-tetrametil-octano.
- E) 2,2,4,4-tetrametil-hexano.

16. (ENEM - 2014)

O biodiesel não é classificado como uma substância pura, mas como uma mistura de ésteres derivados dos ácidos graxos presentes em sua matéria-prima. As propriedades do biodiesel variam com a composição do óleo vegetal ou do animal que lhe deu origem, por exemplo, o teor de ésteres saturados é responsável pela maior estabilidade do biodiesel frente à oxidação, o que resulta em aumento da vida útil do biocombustível. O quadro ilustra o teor médio de ácidos graxos de algumas fontes oleaginosas.

Fonte oleaginosa	Teor médio do ácido graxo (% em massa)					
	Mirístico (C14:0)	Palmitico (C16:0)	Estearico (C18:0)	Oleico (C18:1)	Linoleico (C18:2)	Linolênico (C18:3)
Milho	< 0,1	11,7	1,9	25,2	60,6	0,5
Palma	1,0	42,8	4,5	40,5	10,1	0,2
Canola	< 0,2	3,5	0,9	64,4	22,3	8,2
Algodão	0,7	20,1	2,6	19,2	55,2	0,6
Amendoim	< 0,6	11,4	2,4	48,3	32,0	0,9

MA, F.; HANNA, M. A. *Biodiesel Production: a review*. *Bioresource Technology*, Londres, v. 70, n. 1, jan. 1999 (adaptado).

Qual das fontes oleaginosas apresentadas produziria um biodiesel de maior resistência à oxidação?

- A) Milho
- B) Palma
- C) Canola
- D) Algodão
- E) Amendoim

17. (ITA - 2018)

O composto 3,3-dimetil-1-penteno reage com água em meio ácido e na ausência de peróxidos, formando um composto X que, a seguir, é oxidado para formar um composto Y. Os compostos X e Y formados preferencialmente são, respectivamente,

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

18. (PUC-SP)

Qual dos compostos abaixo, oxidado por KMnO_4 em meio sulfúrico, irá produzir apenas a acetona comum?

- A) Buteno-2
- B) Butino-2
- C) 2-metil-buteno-2
- D) 2,3-dimetil-buteno-2
- E) Butadieno-1,3



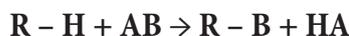
Fórmula da
Química

MÓDULO 23

REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO

REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO

São reações químicas orgânicas que consistem na substituição de um átomo ou grupo de átomos por outro átomo (ou grupo de átomos).



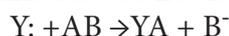
Veremos que é possível produzir importantes substâncias orgânicas, como fármacos, insumos para a indústria química, alimentos, solventes, sabões, detergentes, dentre outros.

As reações de substituição envolvem compostos de diferentes funções orgânicas como:

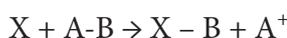
- Hidrocarbonetos como alcanos e aromáticos.
- Haletos de alquila.
- Álcoois.
- Ácidos carboxílicos.

Os tipos mais comuns de mecanismos das reações de substituição são:

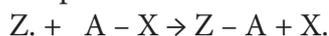
- **nucleofílico:** o reagente é um nucleófilo (Y:), uma espécie química que possui um par de elétrons de valência disponível, através do qual se liga ao grupo orgânico, deficiente em elétrons, proveniente da molécula orgânica. O nucleófilo é uma base de Lewis.



- **eletrofílico:** o reagente é um eletrófilo (Y), uma espécie deficiente em elétrons, que ataca a molécula orgânica, substituindo um átomo ou grupo de átomos. O eletrófilo é um ácido de Lewis.



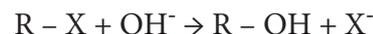
- **via radical livre:** as ligações dos reagentes sofrem cisão homolítica e são formadas espécies químicas denominadas radicais livres que possuem elétrons desemparelhados e elevada reatividade.



SÍNTESE DE ÁLCOOIS

Os álcoois podem ser sintetizados a partir das reações de substituição nucleofílica entre haletos de alquila e íons hidróxido (OH⁻), provenientes de uma base forte como hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH).

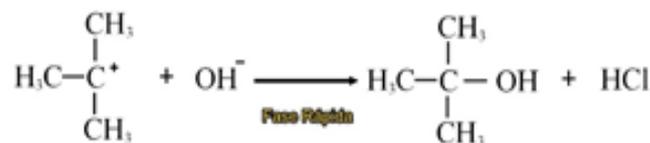
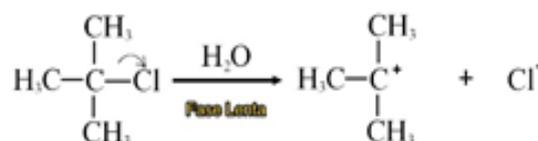
Observe a equação genérica:



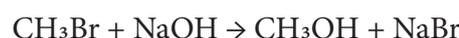
Haletos de alquila + íon hidróxido → álcool + ânion do halogênio

Como acontece a reação?

Observe a reação entre o cloreto de t-butila e solução aquosa de hidróxido de sódio, representada abaixo. Inicialmente, na primeira etapa, o haleto de alquila, na presença de água, forma o carbocátion e libera íons cloreto. A seguir, o carbocátion reage com o íon hidróxido produzindo o álcool t-butílico.

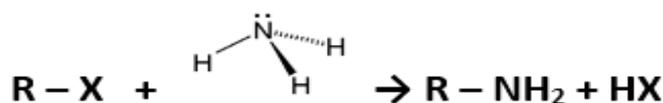


Considere agora outro exemplo: a reação de substituição entre brometo de metila e hidróxido de sódio. Observe que ocorre substituição do halogênio do brometo de metila por um grupo hidróxido com formação do metanol e brometo de sódio:



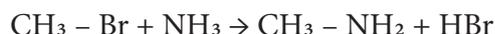
SÍNTESE DE AMINAS

As aminas podem ser produzidas em reações de substituição nucleofílica que envolvem haletos de alquila com amônia ou com aminas. O haleto de alquila libera o ânion do halogênio, formando um carbocátion que se liga ao par de elétrons não ligantes dos átomos de nitrogênio das moléculas de amônia ou de amina.



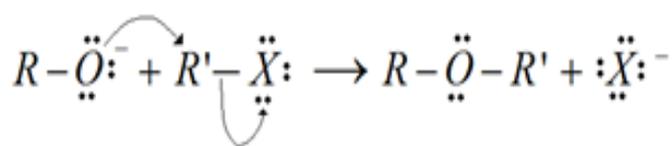
Haletos de alquila + amônia → amina + haleto de hidrogênio

Por exemplo, quando brometo de metila reage com amônia, ocorre a produção de metilamina e brometo de hidrogênio, como mostra a equação a seguir:



SÍNTESE DE ÉTERES

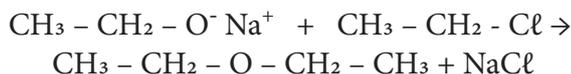
A reação de substituição que ocorre entre um haleto de alquila e um alcóxido ($\text{R} - \text{O}^-$), proveniente da reação de um álcool com metal alcalino, produz um éter, como mostra a equação da reação genérica:



Haleto de alquila reage com o íon alcóxido → Éter + ânion do halogênio

A reação descrita é conhecida como Síntese de Williamson.

Veja um exemplo: a reação do etóxido de sódio com cloroetano que forma etoxietano (ou éter dietílico) e cloreto de sódio:

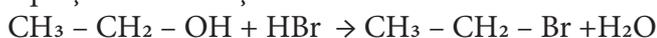


SÍNTESE DE HALETOS DE ALQUILA

Haletos de alquila podem ser produzidos a partir de reações de substituição nucleofílica de álcoois com haletos de hidrogênio. Na reação, água também é produzida, como representa a equação química abaixo:



Considere um exemplo: o etanol reage com brometo de hidrogênio, em uma reação de substituição, com formação de bromoetano e água. Veja a equação dessa reação:



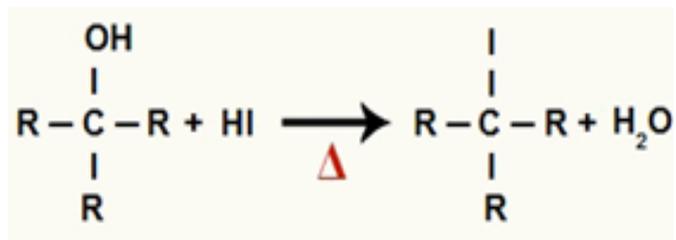
A ordem de reatividade dos álcoois obedece à seguinte ordem crescente:

Álcoois primários < álcoois secundários < álcoois terciários

Já a ordem crescente de reatividade dos haletos de hidrogênio é:



Observe uma reação muito espontânea entre um álcool terciário e iodeto de hidrogênio como mostra a equação química a seguir:



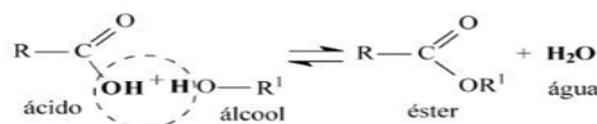
SUBSTITUIÇÃO EM ÁCIDOS CARBOXÍLICOS E SEUS DERIVADOS

REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO DE FISCHER

Ácidos carboxílicos podem reagir com álcoois na presença de um ácido como catalisador para formarem ésteres e água em reações de substituição nucleofílica. O grupo carbonila, $\text{C} = \text{O}$, presente nas moléculas dos ácidos carboxílicos, possibilita o ataque do nucleófilo porque seu carbono possui uma carga parcial positiva.

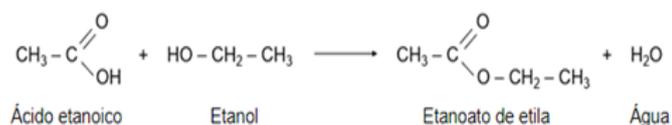


Para maior rendimento da reação, os reagentes devem ser anidros, isto é, isentos de água. Observe a equação genérica abaixo que representa a reação de esterificação entre um ácido carboxílico e um álcool:

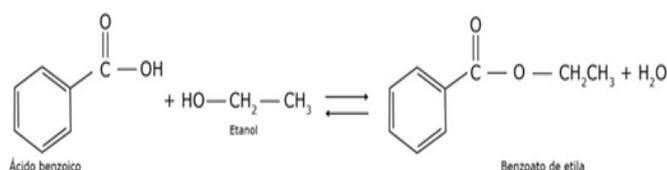


As reações de esterificação são pouco espontâneas e tendem ao estado de equilíbrio químico como mostra a equação acima.

Uma reação de esterificação importante é aquela que ocorre entre ácido etanoico e etanol com formação de um éster muito usado como solvente, o etanoato de etila.

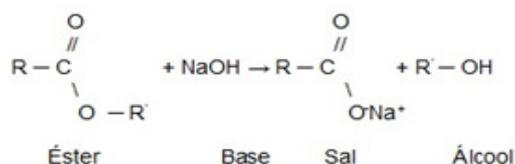


Veja outro exemplo: a reação de esterificação envolvendo ácido benzoico e etanol com formação do éster benzoato de etila e água, como mostra a equação abaixo:

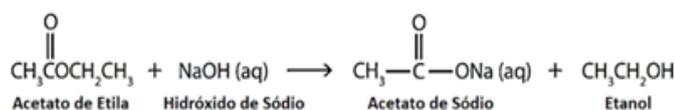


REAÇÕES DE HIDRÓLISE BÁSICA DE ÉSTERES

Os ésteres podem sofrer reações de substituição nucleofílica ao reagirem com bases fortes como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, formando um sal de ácido carboxílico e um álcool, como mostra a equação química a seguir:



Quando o éster acetato de etila (etanoato de etila) reage com solução de hidróxido de sódio, é formado o sal acetato de sódio e etanol.

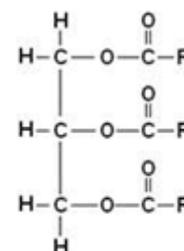


REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO

A reação de saponificação é uma hidrólise básica de um triglicerídeo com formação do glicerol e de uma mistura de sais de ácidos graxos que é o sabão.

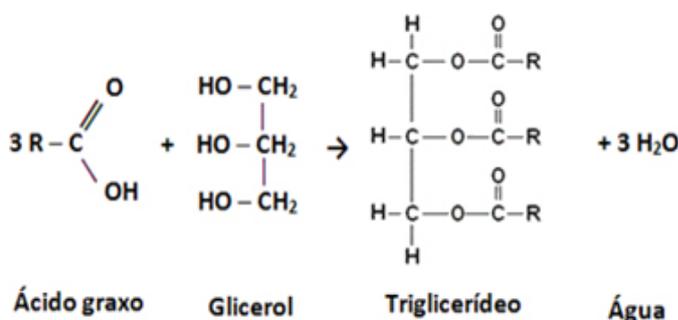
Triglicerídeo + hidróxido de sódio → glicerol + sais de ácidos carboxílicos (sabão).

O triglicerídeo é um lipídeo presente em óleos e gorduras, animais e vegetais, que possuem a seguinte estrutura molecular:

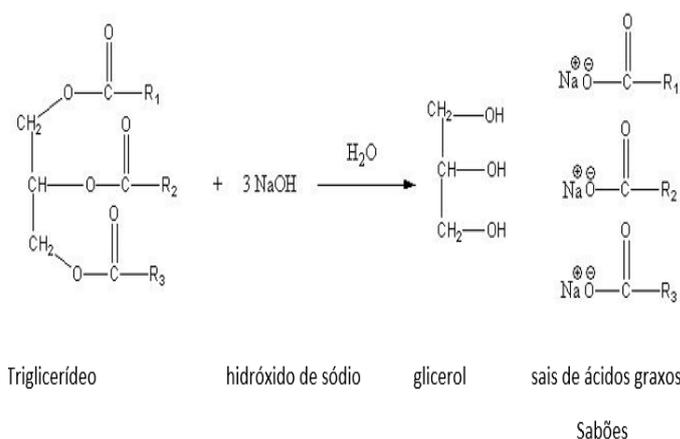


Os grupos R são cadeias carbônicas longas. Se saturados, o triglicerídeo pertence a uma gordura. Se insaturado, o triglicerídeo é proveniente de um óleo.

O triglicerídeo é formado a partir da reação do glicerol ou glicerina com ácidos graxos (ácidos carboxílicos de cadeias carbônicas longas), como mostra a equação abaixo:



Quando o triglicerídeo sofre hidrólise básica ao reagir com uma base forte, como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, o glicerol é formado juntamente com uma mistura de sais de ácidos graxos (sabão). Veja a equação abaixo que representa a reação de saponificação:

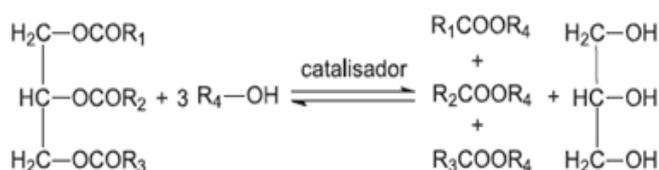


Os sabões formados a partir da reação com o hidróxido de sódio são sólidos. Caso utilize o hidróxido de potássio, o sabão formado é líquido.

REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO (PRODUÇÃO DO BIODIESEL)

O biodiesel é uma mistura de ésteres simples, de origem vegetal, adicionada ao óleo diesel, combustível de veículos para transporte de cargas pesadas. A matéria-prima mais utilizada é o óleo de soja vegetal, mas pode ser produzido a partir de diversas espécies oleaginosas.

Nas reações de transesterificação, o triglicerídeo reage com um álcool simples, como metanol e etanol, formando a glicerina, subproduto do processo que é retirado, e uma mistura de ésteres simples derivados do triglicerídeo utilizado, como mostra a equação abaixo:

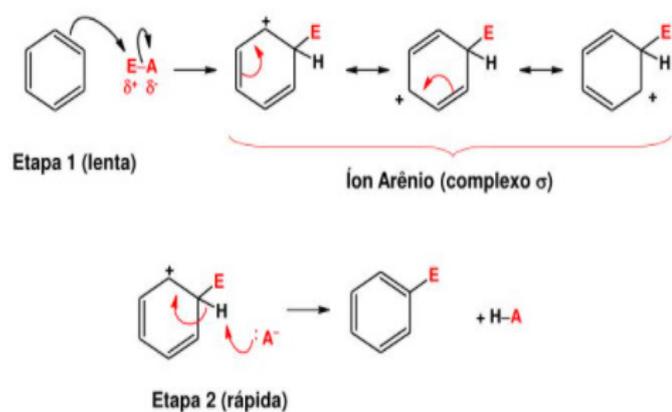


Óleo Vegetal
ou
Gordura Animal

Biodiesel Glicerina

REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO NOS HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS

Os compostos aromáticos possuem alta densidade eletrônica e possuem afinidade por espécies químicas eletrofílicas. O mecanismo geral da substituição eletrofílica que ocorre em hidrocarbonetos aromáticos é apresentado na equação abaixo:



Os casos mais comuns de substituição eletrofílica em compostos aromáticos são:

- Halogenação.
- Nitração.

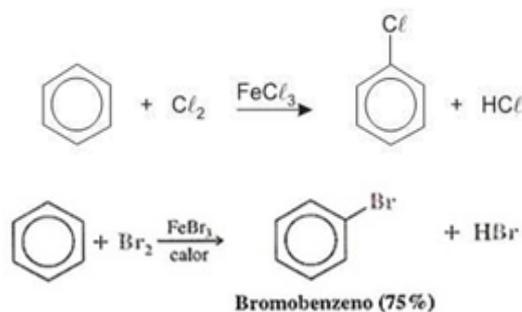
- Sulfonação.
- Alquilação de Friedel-Crafts.
- Acilação de Friedel-Crafts.

Veremos, inicialmente as reações de substituição eletrofílica que ocorre com o benzeno.

REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO ELETROFÍLICA NO BENZENO

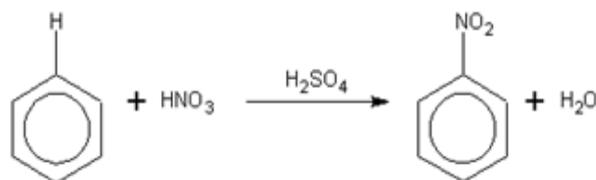
HALOGENAÇÃO DO BENZENO

Na halogenação do benzeno, um átomo do hidrogênio do hidrocarboneto aromático é substituído por um átomo de um halogênio, proveniente de Cl_2 , Br_2 e I_2 , na presença de um catalisador específico como cloreto férrico (FeCl_3), brometo férrico (FeBr_3) e iodeto férrico (FeI_3). As equações abaixo representam a cloração e a bromação do benzeno. Observe:



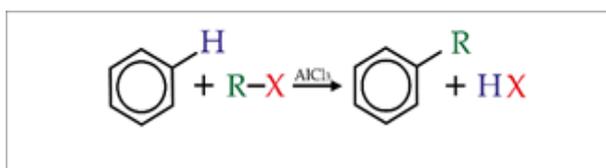
NITRAÇÃO DO BENZENO

O benzeno pode reagir com ácido nítrico na presença de ácido sulfúrico como catalisador. O produto formado é um nitrocomposto, matéria-prima para a indústria de explosivos. Observe a formação do nitrobenzeno a partir da nitração do benzeno. Na reação, um átomo de hidrogênio do benzeno é substituído por um grupo nitro ($-\text{NO}_2$), proveniente do ácido nítrico.



ALQUILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DO BENZENO

A reação de substituição eletrofílica do benzeno com um haleto de alquila, na presença do cloreto de alumínio como catalisador, promove a formação de um composto derivado do benzeno em que um átomo de hidrogênio é substituído por um grupo alquila:

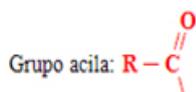


A equação abaixo representa a reação do benzeno com cloreto de metila com formação do tolueno:



ACILAÇÃO DE FRIEDEL-CRAFTS DO BENZENO

A reação do benzeno com um haleto de acila, na presença de cloreto de alumínio ($AlCl_3$) como catalisador, possibilita a formação de um alquilbenzeno e o haleto de hidrogênio. Na reação, um átomo de hidrogênio ligado ao benzeno é substituído por um grupo acila:

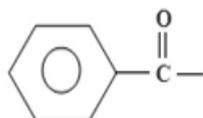


Exemplos:

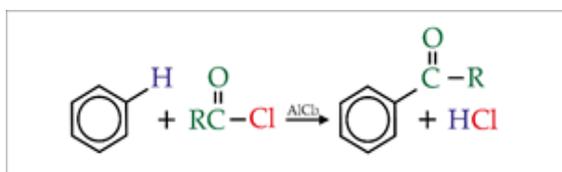
Grupo acetila ou etanoila



Grupo benzoila



Observe a representação genérica da reação de acilação do benzeno:



Veja o exemplo abaixo de uma reação de acilação em que o benzeno reage com cloreto de etanoila. Note que o átomo de hidrogênio do benzeno é substituído pelo grupo etanoila:



REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EM DERIVADOS DO BENZENO

No caso de compostos aromáticos em que um átomo ou grupo de átomos está ligado ao carbono, ocorrerá influência desse substituinte na orientação de qual átomo de hidrogênio é substituído. Para tal, considere a seguinte regra:

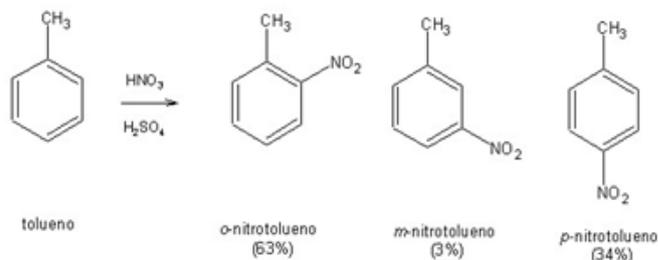
- se o grupo ligado ao benzeno for saturado, a substituição ocorrerá nas posições orto e para do anel aromático, preferencialmente. Podemos dizer que o grupo é orto-para dirigente, como:

- CH_3 ; - CH_2CH_3 ; - $CH_2CH_2CH_3$; - OH ; - NH_2 ;
- NHR ; - OCH_3 .

- se o grupo ligado ao benzeno for insaturado, a substituição ocorrerá, preferencialmente, na posição meta do anel aromático. O grupo é meta-dirigente. Veja alguns exemplos:

- NO_2 ; - CN ; - HSO_3 ; - CHO ; - $COOH$.

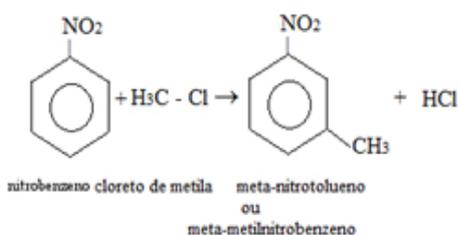
Veja o exemplo abaixo em que o tolueno sofre reação de nitração na presença de ácido sulfúrico. Como o grupo metil ligado ao benzeno é saturado, a substituição ocorrerá, preferencialmente nas posições orto e para:



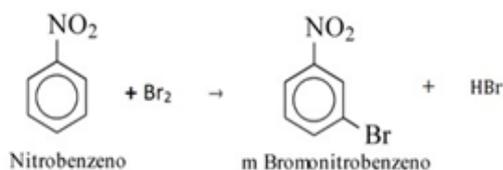
Observe agora a reação do fenol com bromo na presença de brometo de alumínio, como catalisador. Como a hidroxila é um grupo saturado, orienta a substituição do átomo de hidrogênio nas posições orto e para, predominantemente, como mostra a equação abaixo:



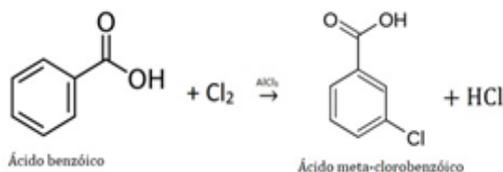
Agora observe a reação do nitrobenzeno com o cloreto de metila. Como o grupo nitro é insaturado, orientará a substituição, preferencialmente, na posição meta:



Observe na equação abaixo que o nitrobenzeno reage com bromo e o grupo nitro orienta a substituição do átomo de hidrogênio da posição meta pelo átomo de bromo, formando os produtos 3-bromo-1-nitrobenzeno e brometo de hidrogênio:



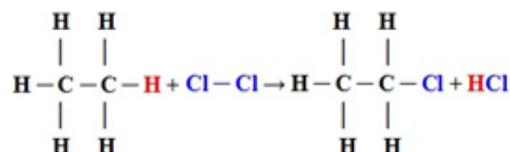
Veja a reação de ácido acético com cloro na presença de cloreto de alumínio como catalisador. A carboxila é um grupo insaturado que atua como meta dirigente, orientando a substituição do átomo de hidrogênio da posição meta pelo átomo de cloro. Formam-se os produtos ácido m-clorobenzoico e cloreto de hidrogênio.



HALOGENAÇÃO DOS ALCANOS

Os alcanos são substâncias orgânicas muito estáveis e reagem com poucas substâncias. No entanto, podem sofrer reação de halogenação na presença de luz ultravioleta ou de aquecimento. A substituição de um átomo de hidrogênio da molécula orgânica por um átomo de halogênio ocorre mediante a formação de radicais livres.

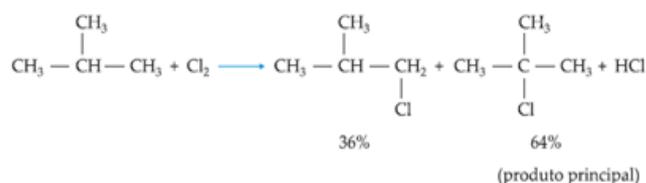
Por exemplo, o etano reage com cloro, na presença de luz ultravioleta, ocorrendo substituição de um átomo de hidrogênio por um átomo de cloro.



A ordem de preferência para a substituição de átomos de hidrogênio é a seguinte:

Hidrogênio ligado ao carbono terciário é mais facilmente substituído que hidrogênio ligado a carbono secundário que é, por sua vez, mais facilmente substituído que o átomo de hidrogênio ligado ao carbono primário.

Veja o exemplo da cloração do isobutano na presença de luz ultravioleta. A molécula do alcano possui átomos de hidrogênio ligados aos carbonos primários e ao carbono terciário. Observe na equação a seguir que o produto formado pela substituição do átomo de hidrogênio ligado ao carbono terciário é mais favorecida:



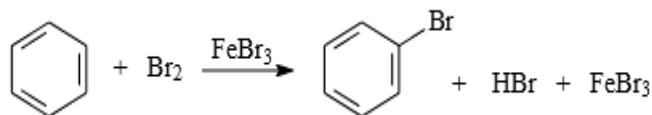


QUESTÕES DE REVISÃO



1. (UPF - 2018)

Observe a representação da reação de halogenação do benzeno e marque a opção que indica o tipo de reação que o benzeno sofreu.



- A) Adição.
- B) Substituição.
- C) Eliminação.
- D) Rearranjo.
- E) Isomeria.

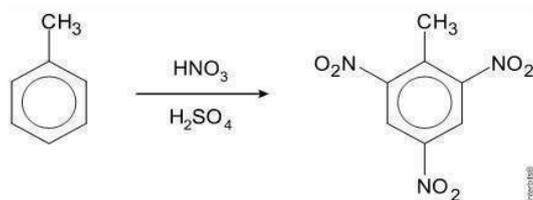
2. (PUC-RJ - 2015)

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 classificada como

- A) substituição.
- B) adição.
- C) acilação.
- D) combustão.
- E) saponificação.

3. (ENEM - LIBRAS - 2017)

O trinitrotolueno (TNT) é um poderoso explosivo obtido a partir da reação de nitração do tolueno, como esquematizado.

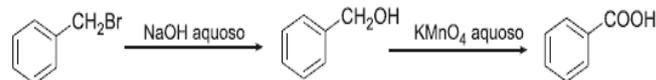


A síntese do TNT é um exemplo de reação de:

- A) Neutralização.
- B) Desidratação.
- C) Substituição.
- D) Eliminação.
- E) Oxidação.

4. (UFRGS - 2012)

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. O brometo de benzila pode ser transformado em álcool benzílico, que, por sua vez, pode conduzir ao ácido benzoico, conforme a sequência de reações mostrada abaixo.

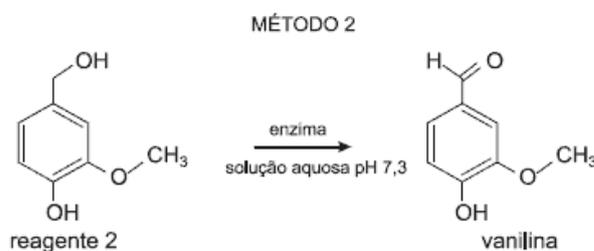
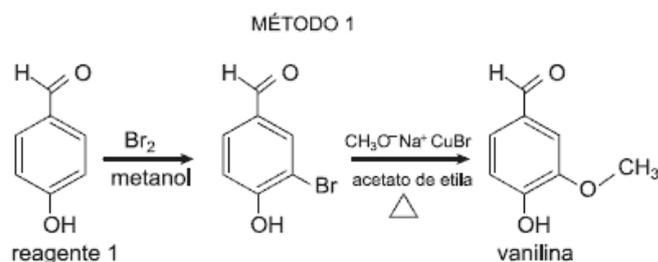


Corn base nesses dados, é correto afirmar que a primeira etapa é uma reação de e, a segunda, uma reação de

- A) substituição - oxidação
- B) substituição - adição
- C) eliminação - oxidação
- D) eliminação - substituição
- E) eliminação - adição

5. (UNESP - 2013)

Considere as informações para responder à questão a seguir. Um estudante precisa de uma pequena quantidade de vanilina e decidiu pesquisar métodos sintéticos de produção da substância em laboratório, e obteve informações sobre dois métodos:



As duas reações indicadas no método 1 e a reação indicada no método 2 são classificadas, respectivamente, como reações de

- A) substituição, substituição e oxidação.
- B) redução, redução e oxidação.
- C) adição, adição e eliminação.
- D) adição, adição e redução.
- E) substituição, substituição e substituição.



QUESTÕES DE REVISÃO



6. (FUVEST - 2018)

Uma determinada quantidade de metano (CH_4) é colocada para reagir com cloro (Cl_2) em excesso, a 400°C , gerando HCl (g) e os compostos organoclorados H_3CCl , H_2CCl_2 , HCCl_3 , CCl_4 , cujas propriedades são mostradas na tabela. A mistura obtida ao final das reações químicas é então resfriada a 25°C , e o líquido, formado por uma única fase e sem HCl , é coletado.

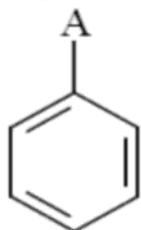
Composto	Ponto de fusão ($^\circ\text{C}$)	Ponto de ebulição ($^\circ\text{C}$)	Solubilidade em água a 25°C (g/L)	Densidade do líquido a 25°C (g/mL)
H_3CCl	-97,4	-23,8	5,3	-
H_2CCl_2	-96,7	39,6	17,5	1,327
HCCl_3	-63,5	61,2	8,1	1,489
CCl_4	-22,9	76,7	0,8	1,587

A melhor técnica de separação dos organoclorados presentes na fase líquida e o primeiro composto a ser separado por essa técnica são:

- A) decantação; H_3CCl
- B) destilação fracionada; CCl_4
- C) cristalização; HCCl_3
- D) destilação fracionada; H_2CCl_2
- E) decantação; CCl_4

7. (MACKENZIE-SP)

Na reação de substituição eletrofílica da substância de fórmula genérica esquematizada a seguir,



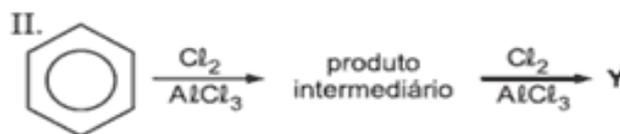
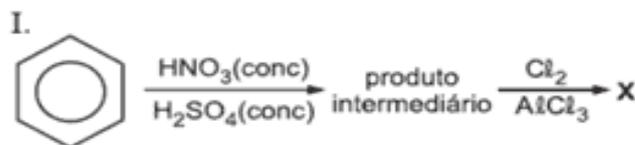
se A for radical $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{NO}_2$, ou $-\text{OH}$, a reação ocorrerá respectivamente nas posições:

- A) orto e para; meta; meta
- B) meta; orto e para; meta.
- C) orto e para; orto e para; meta.
- D) meta; meta; orto e para.
- E) meta; orto e para; orto e para

8. (PUC-SP)

Grupos ligados ao anel benzênico interferem na sua reatividade. Alguns grupos tornam as posições orto e para mais reativas para reações de substituição e são chamados orto e para dirigentes, enquanto outros grupos tornam a posição meta mais reativa, sendo chamados de meta dirigentes.

- Grupos orto e para dirigentes: $-\text{Cl}$, $-\text{Br}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{CH}_3$
 - Grupos meta dirigentes: $-\text{NO}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$
- As rotas sintéticas I, II e III foram realizadas com o objetivo de sintetizar as substâncias X, Y e Z, respectivamente.



Após o isolamento adequado do meio reacional e de produtos secundários, os benzenos dissubstituídos X, Y e Z obtidos são, respectivamente,

- A) orto-cloronitrobenzeno, meta-diclorobenzeno e para-nitrotolueno.
- B) meta-cloronitrobenzeno, orto-diclorobenzeno e para-nitrotolueno.
- C) meta-cloronitrobenzeno, meta-diclorobenzeno e meta-nitrotolueno.
- D) para-cloronitrobenzeno, para-diclorobenzeno e orto-nitrotolueno.
- E) orto-cloronitrobenzeno, orto-diclorobenzeno e para-cloronitrobenzeno.

9. (UERN - 2015)

A reação de substituição entre o gás cloro e o propano, em presença de luz ultravioleta, resulta como produto principal, o composto:

- A) 1-cloropropeno.
- B) 2-cloropropano.
- C) 1-cloropropano.
- D) 2-cloropropeno.

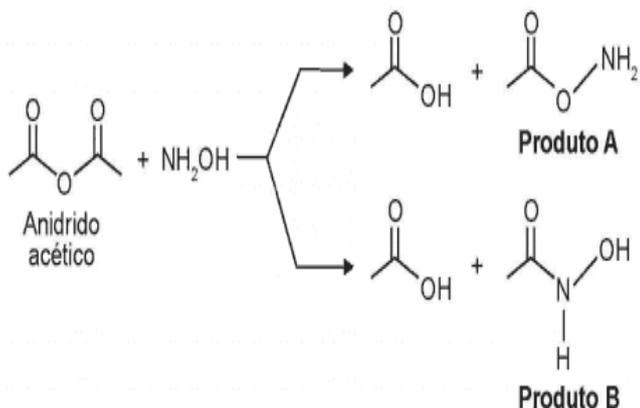


QUESTÕES DE REVISÃO

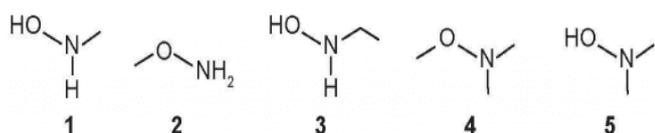


10. (ENEM - 2018)

A hidroxilamina (NH_2OH) é extremamente reativa em reações de substituição nucleofílica, justificando sua utilização em diversos processos. A reação de substituição nucleofílica entre o anidrido acético e a hidroxilamina está representada.



O produto A é favorecido em relação ao B, por um fator de 10^5 . Em um estudo de possível substituição do uso de hidroxilamina, foram testadas as moléculas numeradas de 1 a 5.



Dentre as moléculas testadas, qual delas apresentou menor reatividade?

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

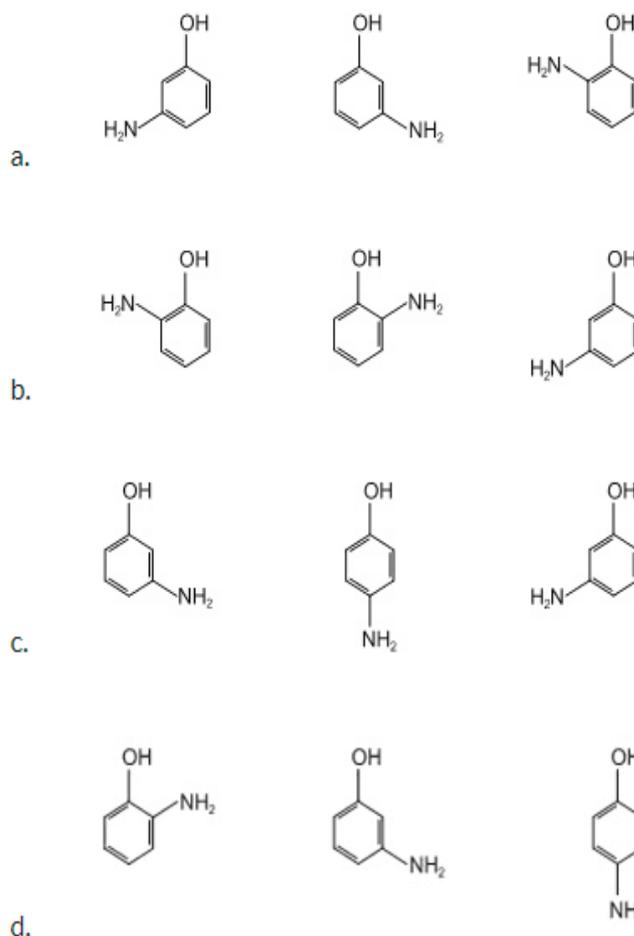
11. (CEFET-MG - 2015)

Reações de substituição radicalar são muito importantes na prática e podem ser usadas para sintetizar haloalcanos a partir de alcanos, por meio da substituição de hidrogênios por halogênios. O alcano que, por monocloração, forma apenas um haloalcano é o alcano.

- A) ciclobutano.
- B) 2-metilpropano.
- C) 2,3-dimetilbutano.
- D) 1-metilciclopropano.

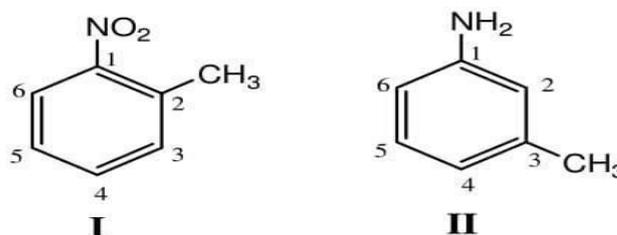
12. (UERJ - 2013)

Aminofenóis são compostos formados pela substituição de um ou mais átomos de hidrogênio ligados aos carbonos do fenol por grupos NH_2 . Com a substituição de apenas um átomo de hidrogênio, são formados três aminofenóis distintos. As fórmulas estruturais desses compostos estão representadas em:



13. (IME - 2018)

Considere as duas moléculas abaixo:



Ambas sofrerão nitração nos anéis aromáticos via substituição eletrofílica. Dentre as opções a seguir, a única que indica posições passíveis de substituição nas moléculas I e II, respectivamente, é:

- A) 4 e 4
- B) 6 e 6
- C) 5 e 2
- D) 3 e 5
- E) 4 e 6



14. (UFT-TO)

Os alcanos são inertes a muitos reagentes devido à forte ligação C-H e à pequena diferença de eletro-negatividade existente entre carbono e hidrogênio. No entanto, eles reagem rapidamente com Cl₂ ou Br₂ (halogenação) na presença de luz para produzir um haleto de alquila. Sobre a reação do 2- metilpropano com bromo (Br₂) é INCORRETO afirmar.

- A) A reação ocorre em três etapas: iniciação, propagação e terminação.
- B) A halogenação de alcanos é um método ruim de preparação de haletos de alquila porque resulta em uma mistura de produtos.
- C) A reação ocorre através da formação de radicais livres, que são espécies químicas com um elétron desemparelhado.
- D) O produto principal da reação é o 2-bromo-2-metilpropano.
- E) A reação do 2-metilpropano com cloro é mais seletiva que a reação com bromo.

15. (UFAM)

O 2-metil-propano, ao reagir com gás cloro, na presença de luz, e a 25o C, dará dois compostos isômeros de proporções diferentes. São eles:

- A) Cloreto de butila e cloreto de terc-butila
- B) Cloreto de isobutila e cloreto de terc-butila
- C) Cloro-butano e 2-cloro-butano
- D) Cloreto de isopropila e cloreto de metil-propila
- E) 1-cloro-1-metil-propano e 2-cloro-2metil-propa-no

16. (UNIFOR-CE)

Analise as sentenças a seguir.

I. Um álcool não pode sofrer uma reação de substituição nucleofílica.

PORQUE

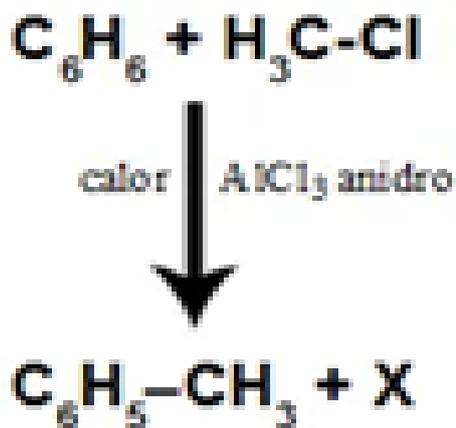
II. Um álcool tem um grupo fortemente básico (OH⁻) que não pode ser substituído por um nucleófilo.

É correto afirmar que

- A) apenas a primeira está correta.
- B) apenas a segunda está correta.
- C) ambas as sentenças estão corretas, porém, a segunda não justifica a primeira.
- D) ambas as sentenças estão corretas e a segunda justifica a primeira.
- E) ambas estão incorretas.

17. (UEMA)

Tolueno ou metil-benzeno é a matéria-prima a partir da qual se obtêm, entre outros, sacarina, medicamentos, corantes, perfumes, TNT e detergentes. É largamente utilizado como solvente para pinturas, revestimentos, borrachas e resinas, mas sua fabricação é proibida no Brasil porque sua inalação causa sérios danos ao organismo, levando à dependência química, como no caso do uso inadequado da popular “cola de sapateiro”. O tolueno pode ser obtido por meio da equação representada a seguir:



Analizando a reação apresentada, julgue as afirmações.

- I. Representa uma reação de adição em aromáticos.
- II. Representa uma reação de halogenação do benzeno.
- III. O composto X que se forma na reação é o cloreto de hidrogênio.
- IV. Representa uma reação de alquilação de Friedel-Crafts.
- V. O composto X que se forma é o cloreto de etila pela reação de Diels-Alder.

Está correto o que se afirma apenas em:

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



Fórmula da
Química

MÓDULO 25

POLÍMEROS

POLÍMEROS

Os materiais poliméricos são macromoléculas formadas pela reunião de unidades fundamentais (os “meros”) repetidamente que dão origem a longas cadeias. O tamanho das cadeias formadas principalmente por átomos de carbono, ou seja a massa molar, é o aspecto principal que confere à este grupo de materiais uma série de características à eles associadas. Materiais poliméricos apresentam usualmente baixa densidade, pequena resistência à temperatura, baixas condutividades elétrica e térmica, etc. Polímeros são sintetizados por reações de polimerização a partir dos reagentes monômeros. Vários polímeros se tornam fluidos viscosos a temperaturas elevadas (100-300°C) e são ainda processados através de procedimentos termomecânicos que permitem a fabricação de peças em grande quantidade e diversidade.

Materiais metálicos são aqueles que, em geral, apresentam altas condutividades térmica e elétrica, grande ductilidade, entre outras propriedades. Os metais são formados por átomos dotados de grande número elétrons suficientemente livres para se movimentarem a partir de baixos potenciais elétricos ou térmicos. Quando, em metais puros, são adicionados outros elementos, tem-se a formação das ligas. Assim, tem-se ligas de alumínio, de titânio, de magnésio, etc. O aço é formado pela introdução até 0,6% em peso de carbono no ferro. Os metais são produzidos basicamente através de fundição (vazamento do material líquido em moldes) e através de processos termomecânicos (forjamento, laminação, trefilação, etc.).

Já, materiais cerâmicos são geralmente carbonatos, óxidos, cloretos, fluoretos, carbetos, entre outros que apresentam propriedades como alta dureza, baixa ductilidade, baixas condutividades térmica e elétrica e elevada resistência à temperatura. Os materiais cerâmicos são usualmente formados pela associação de íons positivos (cátions) como íons negativos (ânions). Exemplos de cerâmicas incluem o cloreto de sódio, óxido de alumínio (ou alumina), óxido de silício (ou sílica), etc. Como apresentam em geral elevadas temperaturas de fusão, os materiais cerâmicos são usualmente produzidos via sinterização de pós.

POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS E TERMORRÍGIDOS

Polímeros denominados termoplásticos podem ser amolecidos, o que permite a deformação desses a partir da aplicação de pressão. Quando resfriados, tais polímeros retomam a sua rigidez inicial. O comportamento desse tipo de polímero viabiliza a produção em larga escala de artefatos através de meios como a extrusão e a moldagem por injeção. Outro importante aspecto desses polímeros é que eles podem ser reciclados a partir de rejeitos e refugos, já que são facilmente remodelados através da aplicação combinada de pressão e temperatura. Exemplos desse tipo de polímero são o polietileno, polipropileno, PMMA [poli(metacrilato de metila)], politetrafluoretileno (Teflon®), Nylon®, etc.

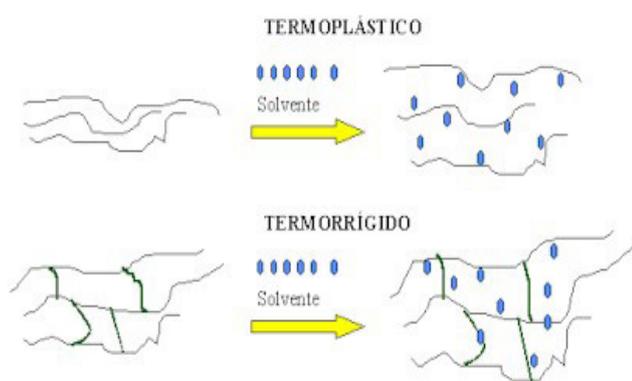
Por outro lado, polímeros termorrígidos são aqueles que não amolecem com o aumento da temperatura e por isso, uma vez produzidos, não podem ser re-deformados ou re-processados. Para esse tipo de polímero, uma elevação contínua da temperatura leva à degradação do material (queima) antes que qualquer alteração mais dramática nas propriedades mecânicas ocorra. Sendo assim, tais materiais são de difícil reciclagem e após terem adquirido sua forma final, apenas etapas de processamento via usinagem são possíveis. Exemplos desse tipo de material englobam as borrachas vulcanizadas, os hidrogéis, as resinas epoxidicas e fenólicas, entre outras.

Polímeros termoplásticos são caracterizados por possuir ligações químicas fracas (Forças de London) entre as cadeias que assim podem ser facilmente rompidas com a introdução de energia. Dessa forma, quando tais materiais são aquecidos, as ligações de London são quebradas, permitindo que haja uma maior facilidade para a movimentação de cadeias poliméricas umas em relação às outras. A capacidade das cadeias de fluir com a aplicação de temperatura garante à esses materiais suas características fundamentais de fácil re-processabilidade.

O comportamento dos polímeros frente a ação de solventes também pode ser explicado pelo tipo de interação entre cadeias existente. Assim, para polímeros termoplásticos, a solubilização do polímero por um determinado solvente é possível quando as interações entre as moléculas do solvente e as cadeias poliméricas apresentam uma magnitude superior à magnitude de interações entre as cadeias poliméricas. Nesse caso, as moléculas de solvente

são capazes de romper as ligações fracas (Forças de London) que unem as cadeias poliméricas e substituí-las por ligações um pouco mais fortes (mas ainda do tipo Forças de London) solvente-polímero. Com a redução do grau de interação entre cadeias do polímero submetido à ação de um solvente efetivo, essas ganham maior liberdade de se moverem umas em relação às outras levando à desintegração e solubilização do material.

Já no caso de polímeros termorrígidos, as ligações entre cadeias são primárias, de alta energia e que não são passíveis de rompimento pela ação de solventes. Assim, polímeros termorrígidos são normalmente insolúveis. A introdução de fluidos quimicamente compatíveis com polímeros termorrígidos levam ao chamado “inchamento” desses, já que o fluido se insere entre as cadeias poliméricas sem, no entanto, romper qualquer ligação cruzada. O grau de inchamento do polímero termorrígido é consequência do nível de afinidade química entre reticulado e fluido e também da densidade de ligações cruzadas no polímero. Polímeros com alta densidade de ligações cruzadas apresentam inchamento em menor intensidade.



COPOLÍMEROS

Os copolímeros são polímeros constituídos de diferentes unidades de repetição. Polímeros que apresentam apenas uma unidade de repetição podem ser chamados de homopolímeros. A produção de copolímeros é geralmente motivada pelo objetivo de se alterar propriedades e comportamento dos polímeros. Assim, o comportamento de certos polímeros frente a temperatura (temperatura de amolecimento, por exemplo) ou à presença de solventes (grau de solubilização) pode ser radicalmente alterada com a introdução de determinadas

unidades de repetição em homopolímeros. Os copolímeros são divididos em uma série de classes dependendo da forma em que as diferentes unidades de repetição são distribuídas nas cadeias poliméricas.

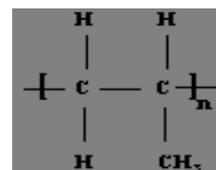
POLÍMEROS DE ADIÇÃO

Pode-se também classificar os materiais poliméricos quanto ao tipo de química envolvida na síntese do material. Nesse tipo de classificação dois grandes grupos se destacam: polímeros obtidos via polimerização por condensação (policondensação) e polímeros produzidos via reações de adição (poliadição).

Em polimerizações realizadas através de reações de poliadição, nenhuma molécula pequena é eliminada como produto das reações e a polimerização é caracterizada principalmente pela abertura ou quebra de ligações duplas entre átomos de carbono ($-C=C-$). Assim, quando uma ligação dupla é desfeita, há a formação de elétrons livres (radicais livres) associados aos átomos de carbono que podem ser usados na formação de novas ligações com outras moléculas dos reagentes (monômeros), levando assim à produção de cadeias polimérica. Ligações duplas entre átomos de carbono são bifuncionais, já que quando abertas, permitem a ligação com dois outros átomos.

Um exemplo típico desse tipo de polimerização por adição envolve a produção do polipropileno a partir do monômero propileno. A polimerização se inicia geralmente através do uso de agentes capazes de formar radicais livres. Esses agentes iniciadores de polimerização se decompõem com a introdução de energia, seja esta na forma de calor como na forma de luz.

A repetição desse processo com n monômeros leva a formação de cadeias poliméricas com n unidades de repetição:

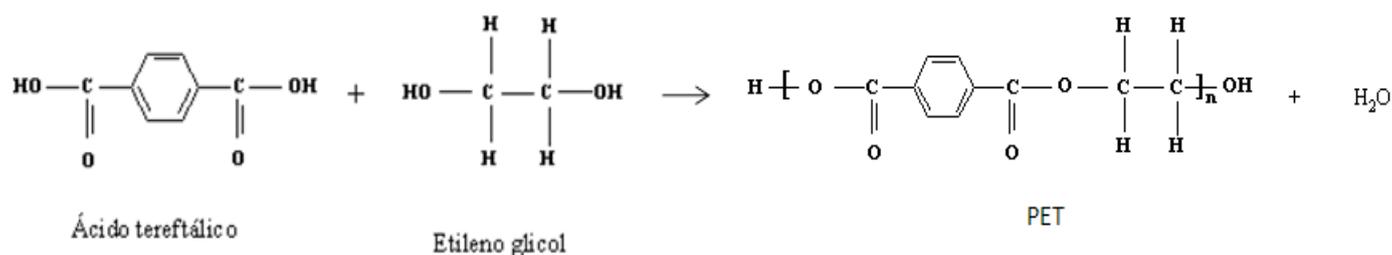


O término da polimerização pode ocorrer pela combinação de radicais livres presentes nos finais de duas cadeias em crescimento, ou por desproporcionamento, quando um átomo de hidrogênio de uma cadeia é abstraído por uma cadeia em crescimento.

POLÍMEROS DE CONDENSAÇÃO

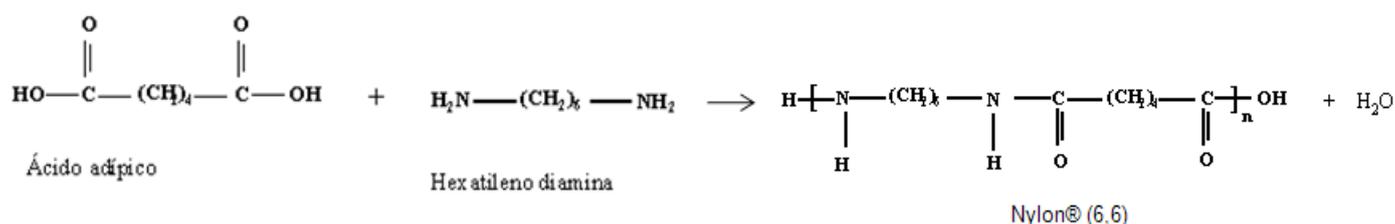
As reações de condensação se notabilizam pela eliminação de uma pequena molécula (geralmente água) durante o processamento da reação. Uma reação de condensação típica é a de esterificação, onde um álcool reage com um ácido orgânico, gerando um éster conjuntamente com a eliminação de uma molécula de água. Nesse tipo de reação, os grupos químicos responsáveis pela reação são o grupo hidroxila (OH) no álcool e o grupo ácido carboxílico (HO-C=O). Tais grupos são chamados de grupos funcionais por participarem diretamente da reação. Em reações de polimerização (produção de polímeros) por policondensação, há a necessidade que o número de grupos funcionais em cada mero seja superior a um para permitir a formação de cadeias, ao invés de moléculas de pequena massa molar. Assim, meros com dois grupos funcionais, por exemplo, podem se ligar a dois distintos meros que por sua vez poderão se ligar a outros meros, dando origem, dessa forma, a macromoléculas.

É usual se usar o termo “funcionalidade” para definir o número possível de ligações químicas que um mero pode fazer com outros. Em reações de polimerização por condensação, a funcionalidade de um determinado mero é igual ao número de grupos funcionais deste. Para reagentes monofuncionais, o produto de uma reação de condensação é uma molécula pequena. Já, para reagentes bi ou polifuncionais a ligação entre dois meros gera moléculas que ainda apresentam grupos funcionais não reagidos que podem ser usados na conexão com outros meros. Um exemplo típico de preparação de polímeros via condensação é a produção do poli(etileno tereftalato) (PET), comumente usado na fabricação de recipientes plásticos. Nesse caso, álcoois bifuncionais (etileno glicol) reagem com ácidos bifuncionais (ácido tereftálico) dando origem a ligações do tipo éster, características dos polímeros poliéster como o PET:



Percebe-se que no polímero acima, a seqüência entre colchetes se repete indefinidamente como uma função do número de moléculas reagidas. Essa seqüência é usualmente chamada de unidade de repetição e é uma característica básica de cada polímero. O número de unidades de repetição n é denominado de grau de polimerização e ultimamente define a massa molar (ou peso molecular) da cadeia polimérica.

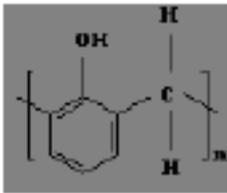
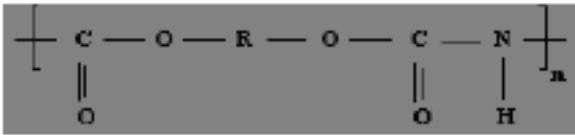
Outro tipo muito comum de reação de condensação envolvida na produção de polímeros é aquela que engloba a reação de grupos amino (-NH₂) com grupos ácido carboxílico (HO-C=O). Nesse tipo de reação, um átomo de hidrogênio do grupo amino reage com o grupo hidroxila do ácido carboxílico, resultando na eliminação de uma molécula de água e formação de uma ligação do tipo amida (-NH-C=O-). Mais uma vez, a formação de macromoléculas a partir de reações de condensação como as explicitadas acima depende da presença de no mínimo dois grupos funcionais em cada reagente. Assim, como exemplo, a preparação de poliamidas denominadas comercialmente de Nylons, são produzidas a partir de reações entre diamina (hexametileno diamina) com ácidos (ácido adípico).



Exemplos de polímeros processados via policondensação: Poliésteres, Poliamidas, Poliuretanos, Polisiloxanos

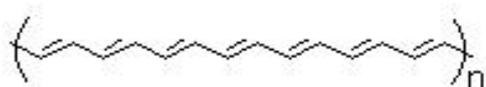
EXEMPLOS DE POLÍMEROS DE AMPLO USO COMERCIAL

Polímero	Aplicações	Estrutura
<p>Polipropileno (PP) Polímero semicristalino, termoplástico, poliadicação</p>	<p>Recipientes, filmes, peças para indústria automotiva, brinquedos, utensílios domésticos, etc.</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
<p>Poliestireno (PS) Polímero amorfo, termoplástico, poliadicação.</p>	<p>Recipientes (transparentes), copos, isopor, etc.</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$
<p>Poli(cloreto de vinila) (PVC) Polímero amorfo, termoplástico, poliadicação.</p>	<p>Filmes (embalagens), tubos, etc.</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{Cl} \end{array} \right]_n$
<p>Poli(metacrilato de metila) (PMMA) Polímero amorfo, termoplástico, poliadicação.</p>	<p>Copos, recipientes, janelas, lentes, biomateriais, etc.</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{OCH}_3 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{H} \quad \text{C} \\ \quad \\ \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
<p>Poli(tetrafluoretileno) Teflon® Polímero semicristalino, termoplástico, poliadicação.</p>	<p>Recobrimentos, peças, fitas, etc.</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{F} \end{array} \right]_n$
<p>Poli(etileno tereftalato) PET Polímero semicristalino, termoplástico, policondensation.</p>	<p>Garrafas, copos, fibras (tecidos)</p>	$\left[\text{O} \text{---} \text{C} \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C} \text{---} \text{O} \text{---} \text{C} \text{---} \text{C} \text{---} \text{O} \right]_n$
<p>Poliamidas Nylon® Polímero semicristalino, termoplástico, policondensation.</p>	<p>Fibras, biomateriais, etc.</p>	$\left[\text{H} \text{---} \text{N} \text{---} (\text{CH}_2)_x \text{---} \text{N} \text{---} \text{C} \text{---} (\text{CH}_2)_y \text{---} \text{C} \right]_n$
<p>Resina epoxídica Polímero amorfo, termorrígido, policondensation.</p>	<p>Matriz para compósitos, adesivos</p>	

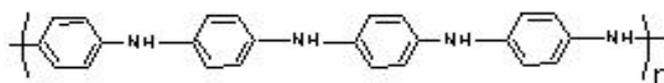
Resina de fenol-formaldeído Polímero amorfo, termorrígido, policondensação.	Adesivos, peças automotivas, etc.	
Poliuretanos Polímero amorfo, termorrígido, poliadição.	Biomateriais, elastômeros	

POLÍMEROS CONDUTORES

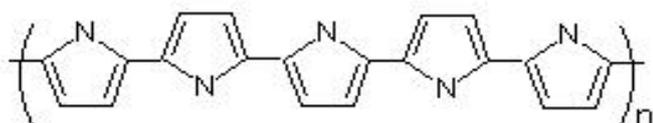
Uma das principais propriedades dos polímeros, e que lhes confere o maior número de aplicações, consiste na sua incapacidade em conduzir a corrente elétrica. Nos últimos 20 anos, entretanto, uma nova classe de polímeros orgânicos vem sendo desenvolvida, cuja principal característica reside no fato de que são condutores de eletricidade. Os membros desta nova classe de materiais, chamados de “metais sintéticos”, possuem uma característica em comum: longos sistemas p conjugados, ou seja, uma alternância de ligações simples e duplas ao longo da cadeia. Além disso, a condutividade desses polímeros pode ser aumentada muitas vezes por processos que envolvem a remoção ou adição de elétrons da cadeia, sendo esse processo denominado dopagem. Na Figura estão representadas as estruturas dos quatro polímeros condutores mais estudados, em sua forma neutra.



poliacetileno



polianilina



polipirrol



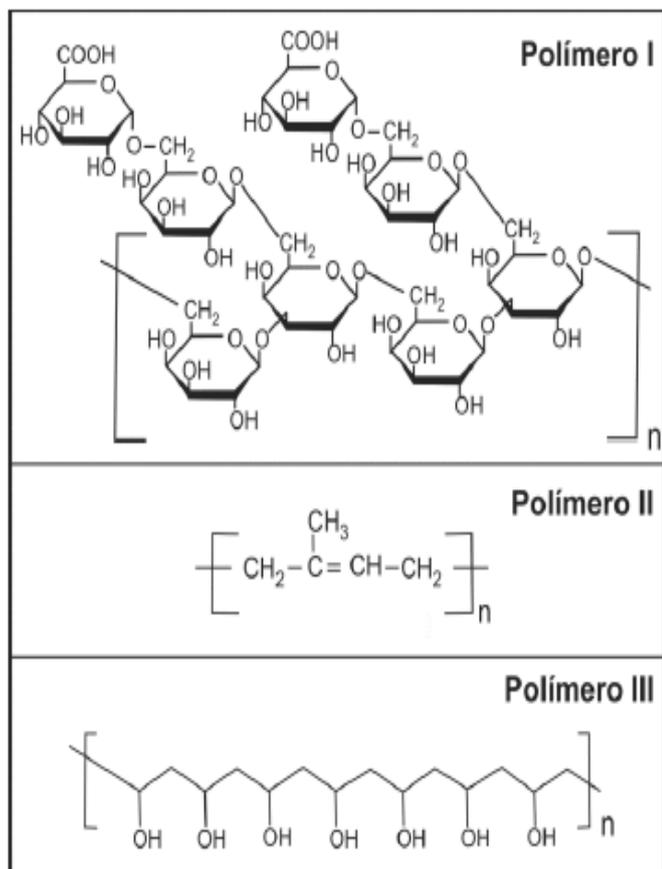
politiofeno

Estruturas de alguns polímeros condutores

Os polímeros condutores possuem uma série de propriedades interessantes, de modo que um grande número de aplicações tecnológicas tem sido desenvolvido envolvendo polímeros condutores, como por exemplo, na construção de baterias recarregáveis, dispositivos eletrocromáticos, janelas inteligentes, sensores, geradores de fotocorrente, músculos artificiais, etc. Em 2000, os cientistas Alan MacDiarmid, Alan Heeger e Hideki Shirakawa foram laureados com o prêmio Nobel de Química pela descoberta e pelo trabalho envolvendo polímeros condutores.

1. (FUVEST - 2013)

Um funcionário de uma empresa ficou encarregado de remover resíduos de diferentes polímeros que estavam aderidos a diversas peças. Após alguma investigação, o funcionário classificou as peças em três grupos, conforme o polímero aderido a cada uma. As fórmulas estruturais de cada um desses polímeros são as seguintes:



Para remover os resíduos de polímero das peças, o funcionário dispunha de apenas dois solventes: água e n-hexano. O funcionário analisou as fórmulas estruturais dos três polímeros e procurou fazer a correspondência entre cada polímero e o solvente mais adequado para solubilizá-lo. A alternativa que representa corretamente essa correspondência é:

	Polímero I	Polímero II	Polímero III
a)	água	n-hexano	água
b)	n-hexano	água	n-hexano
c)	n-hexano	água	água
d)	água	água	n-hexano
e)	água	n-hexano	n-hexano

2. (UEMA - 2015)

Um dos principais ramos industriais da química é o segmento petroquímico. A partir do eteno, obtido da nafta derivada do petróleo ou diretamente do gás natural, a petroquímica dá origem a uma série de matérias-primas que permite ao homem fabricar novos materiais, substituindo com vantagens a madeira, peles de animais e outros produtos naturais. O plástico e as fibras sintéticas são dois desses produtos. O polietileno de alta densidade (PEAD), o polietileno tereftalato (PET), o polipropileno (PP), e o policloreto de vinila (PVC) são as principais resinas termoplásticas. Nas empresas transformadoras, essas resinas darão origem a autopeças, componentes para computadores e para a indústria aeroespacial e eletroeletrônica, a garrafas, calçados, brinquedos, isolantes térmicos e acústicos... Enfim, a tantos itens que fica difícil imaginar o mundo, hoje, sem o plástico, tantas e tão diversas são as suas aplicações.

Fonte: Disponível em: . Acesso em: 16 jun. 2014.

As substâncias, em destaque, são exemplos de:

- A) amidos
- B) celulose
- C) proteínas
- D) ácidos nucleicos
- E) polímeros sintéticos

3. (ENEM - 2014)

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.

4. (FUVEST - 2015)

Quando começaram a ser produzidos em larga escala, em meados do século XX, objetos de plástico eram considerados substitutos de qualidade inferior para objetos feitos de outros materiais. Com o tempo, essa concepção mudou bastante. Por exemplo, canecas eram feitas de folha de flandres, uma liga metálica, mas, hoje, também são feitas de louça ou de plástico. Esses materiais podem apresentar vantagens e desvantagens para sua utilização em canecas, como as listadas a seguir:

- I. ter boa resistência a impactos, mas não poder ser levado diretamente ao fogo;
- II. poder ser levado diretamente ao fogo, mas estar sujeito a corrosão;
- III. apresentar pouca reatividade química, mas ter pouca resistência a impactos.

Os materiais utilizados na confecção de canecas os quais apresentam as propriedades I, II e III são, respectivamente,

- A) metal, plástico, louça.
- B) metal, louça, plástico.
- C) louça, metal, plástico.
- D) plástico, louça, metal.
- E) plástico, metal, louça.

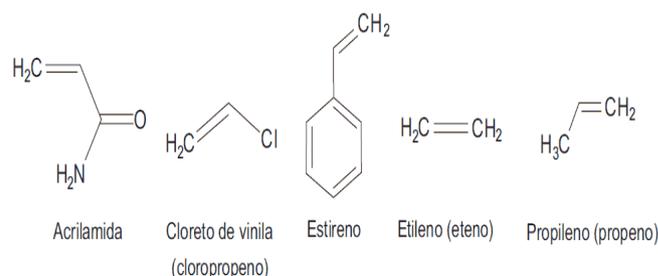
5. (ENEM - 2016)

As sacolas plásticas são utilizadas em grande quantidade no Brasil por serem práticas, leves e de baixo custo. Porém, o tempo necessário para que sofram degradação nas condições do meio é de, no mínimo, 100 anos. Com o intuito de reduzir o impacto ambiental desses produtos, as sacolas biodegradáveis foram introduzidas no mercado. Essas sacolas são confeccionadas de um material polimérico que confere a elas uma característica que as torna biodegradáveis. A qual característica das sacolas biodegradáveis o texto faz referência?

- A) Elevada massa molecular do polímero.
- B) Espessura fina do material que as constitui.
- C) Baixa resistência aos líquidos nas condições de uso.
- C) Baixa resistência ao ataque por microrganismos em condições adequadas.
- D) Ausência de anéis aromáticos na estrutura do polímero usado na confecção das sacolas.

6. (ENEM - 2017)

Os polímeros são materiais amplamente utilizados na sociedade moderna, alguns deles na fabricação de embalagens e filmes plásticos, por exemplo. Na figura estão relacionadas as estruturas de alguns monômeros usados na produção de polímeros de adição comuns.

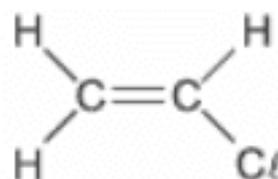


Dentre os homopolímeros formados a partir dos monômeros da figura, aquele que apresenta solubilidade em água é

- A) polietileno.
- B) poliestireno.
- C) polipropileno.
- D) poli(acrilamida).
- E) policloroeto de vinila.

7. (UEFS - 2018)

Considere a fórmula a seguir.



O composto representado por essa fórmula é matéria-prima para a obtenção do polímero conhecido como

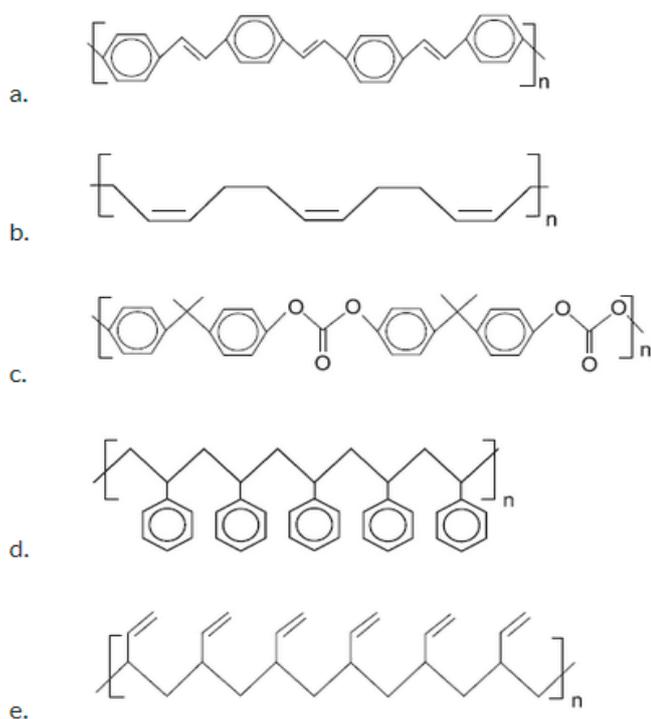
- A) polietileno.
- B) teflon.
- C) poliestireno.
- D) náilon.
- E) PVC.

8. (ENEM)

O senso comum nos diz que os polímeros orgânicos (plásticos) em geral são isolantes elétricos. Entretanto, os polímeros condutores são materiais orgânicos que conduzem eletricidade. O que faz estes polímeros diferentes é a presença das ligações covalentes duplas conjugadas com ligações simples, ao longo de toda a cadeia principal, incluindo grupos aromáticos. Isso permite que um átomo de carbono desfaça a ligação dupla com um vizinho e refaça-a com outro. Assim, a carga elétrica desloca-se dentro do material.

FRANCISCO, R. H. P. 'Polímeros condutores'. *Revista Eletrônica de Ciências*, n. 4, fev. 2002. Disponível em: www.cdcc.usp.br. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado)

De acordo com o texto, qual dos polímeros seguintes seria condutor de eletricidade?



9. (FATEC - 2015)

Em 1859, surgiram experimentos para a construção de uma bateria para acumular energia elétrica, as baterias de chumbo, que passando por melhorias ao longo dos tempos, tornaram-se um grande sucesso comercial especialmente na indústria de automóveis. Essas baterias são construídas com ácido sulfúrico e amálgamas de chumbo e de óxido de chumbo IV, em caixas confeccionadas com o polímero polipropileno.

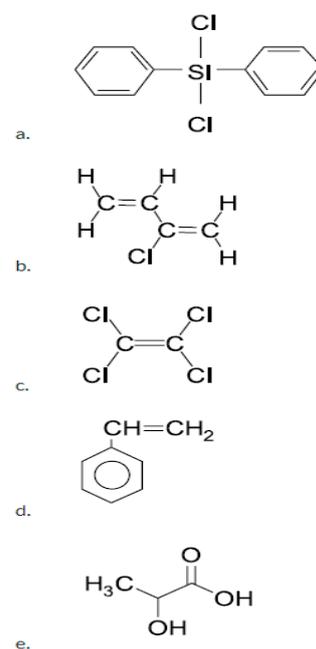
Acesso em: 10.04.2015. Adaptado.

O monômero usado na produção desse polímero é

- A) etino.
B) eteno.
C) etano.
D) propeno.
E) propano.

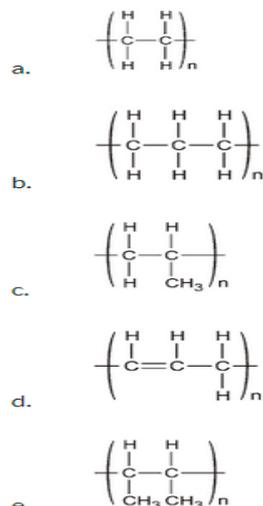
10. (FGV-SP - 2016)

Os polímeros biodegradáveis podem ser empregados na confecção de sacolas plásticas utilizadas nos supermercados. Esses polímeros apresentam estruturas de cadeias alifáticas com grupos funcionais hidrolisáveis. A fórmula estrutural que representa o monômero de um polímero biodegradável é



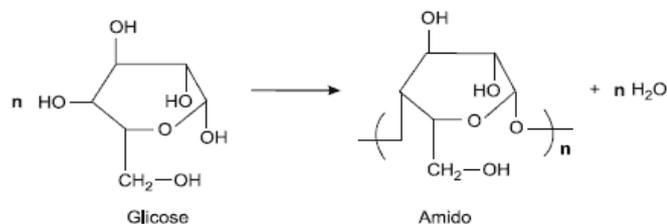
11. (UFT - 2011)

O polipropileno é utilizado para produzir fibras de roupas, cordas, tapetes, para-choques de automóveis, dentre outros. Este é produzido através de reações sucessivas de adição de propileno (propeno). Qual é a estrutura do polímero produzido:



12. (UFTM - 2011)

O amido é uma macromolécula formada a partir da interação de moléculas de glicose e funciona como reserva de energia nos vegetais, principalmente nas raízes. Quando o amido é ingerido pelo homem, sofre ação da enzima amilase, presente na saliva, e é convertido em glicose e carboidratos menores.

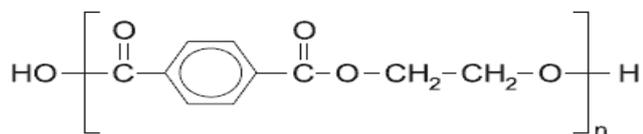


A reação da produção do amido a partir da glicose é classificada como de polimerização por ___I___ e aquela que ocorre pela ação da enzima amilase é denominada reação de ___II___. Assinale a alternativa que preenche respectivamente as lacunas I e II.

- A) condensação e hidrólise.
- B) condensação e hidrogenação.
- C) condensação e oxidação.
- D) adição e hidrogenação.
- E) adição e hidrólise.

13. (ENEM - 2013)

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.

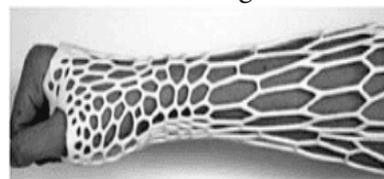


Disponível em: www.abipet.org.br. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado). Com base nas informações do texto, uma alternativa para a obtenção de etilenoglicol a partir do PET é a

- A) solubilização dos objetos.
- B) combustão dos objetos.
- C) trituração dos objetos.
- D) hidrólise dos objetos.
- E) fusão dos objetos.

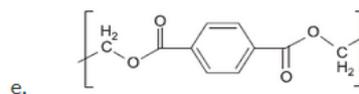
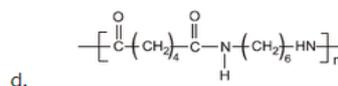
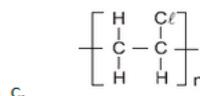
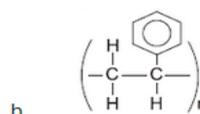
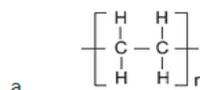
14. (UPE - 2014)

Impressoras 3D vem revolucionando por causa da sua versatilidade. Um exemplo é a produção de exoesqueleto a base de polímeros, que podem substituir o gesso, como mostrado na figura abaixo.



(Disponível em: <http://exameabril.com.br/tecnologia/noticias/peca-impressa-em-3d-substitui-gesso-usado-em-fraturas>. Adaptado.)

O nylon é um material muito interessante para esse tipo de impressão, uma vez que produz peças flexíveis e muito resistentes. Um tipo de estrutura polimérica desse material é representada por



15. (UNICAMP - 2018)

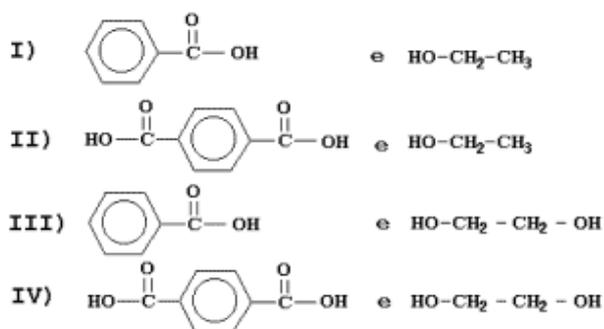
Mais de 2.000 plantas produzem látex, a partir do qual se produz a borracha natural. A *Hevea brasiliensis* (seringueira) é a mais importante fonte comercial desse látex. O látex da *Hevea brasiliensis* consiste em um polímero do cis-1,4-isopreno, fórmula C_5H_8 , com uma massa molecular média de 1.310 kDa (quilodaltons). De acordo com essas informações, a seringueira produz um polímero que tem em média

Dados de massas atômicas em Dalton: C = 12 e H = 1.

- A) 19 monômeros por molécula.
- B) 100 monômeros por molécula.
- C) 1.310 monômeros por molécula.
- D) 19.000 monômeros por molécula.

16. (FUVEST)

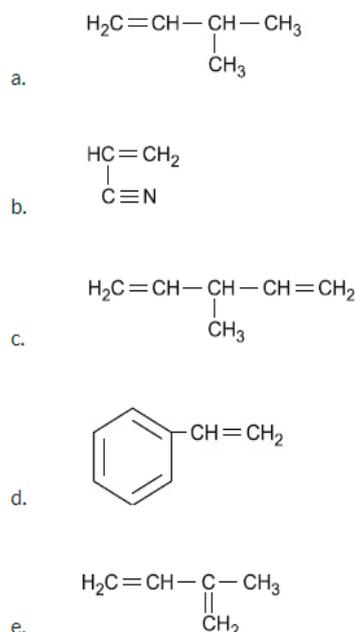
Os poliésteres são polímeros fabricados por condensação de dois monômeros diferentes, em sucessivas reações de esterificação. Dentre os pares de monômeros abaixo,



- 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.

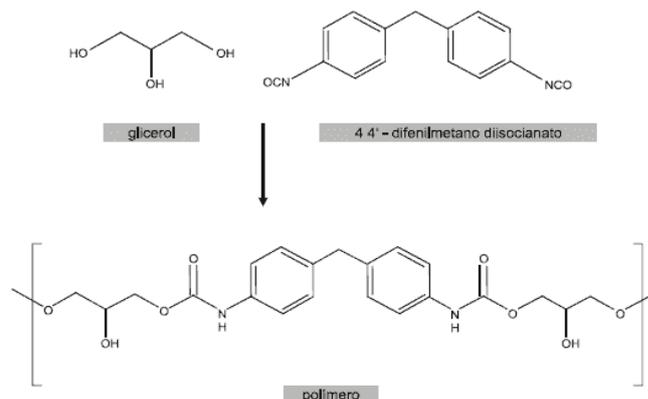
17. (MACKENZIE)

Os polímeros são macromoléculas sintéticas ou naturais formados por unidades estruturais menores denominadas monômeros. O processo de polimerização pode ocorrer por adição ou condensação, sendo que os polímeros de adição são formados a partir de um mesmo monômero que possui uma ou mais insaturações em sua estrutura. Os polímeros diênicos, como o poliisopreno, sofrem preferencialmente uma reação de polimerização de adição 1,4. Assim, analisando as fórmulas estruturais dadas, o monômero alcadiênico que sofre reação de polimerização por adição 1,4 é:



18. (UFSM - 2013)

Quando extraído da mamoneira, o ácido ricinoleico está na forma de triglicerídeos. Depois de um processo de hidrólise, é produzida também, além do ácido ricinoleico, uma quantidade equivalente do poliálcool natural formador dos triglicerídeos, o glicerol. Pesquisadores brasileiros desenvolveram polímeros com aplicação medicinal a partir do uso do glicerol, conforme o esquema da reação:



Esses polímeros podem ser classificados como

- A) polivinila.
- B) poliuretana.
- C) poliamida.
- D) poliéster.
- E) policarbonato.

19. (ITA - 2020)

Polímeros são moléculas muito grandes constituídas por milhares de átomos. Tais macromoléculas são classificadas em duas categorias: naturais e sintéticas. Os naturais têm como exemplos as proteínas, ácidos nucleicos e borrachas, enquanto os sintéticos são compostos orgânicos tais como a polihexametileno adipamida (Nylon) e o poli(metacrilato de metila). Nesse contexto, considere as seguintes afirmações:

- (1) A glicose é um álcool-aldeído que polimeriza para formar o amido e a celulose.
- (2) A estrutura primária de um polipeptídeo é a sequência de resíduos de aminoácidos.
- (3) Os polímeros formados por cadeias longas tendem a ter alta viscosidade.
- (4) Os álcoois condensam com ácidos carboxílicos para formar ésteres.
- (5) As amidas resultam da condensação de aminas e ácidos carboxílicos.

A soma dos números associados às afirmativas CORRETAS é igual a:

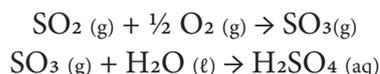
- A) 8
- B) 10
- C) 12
- D) 13
- E) 15



Fórmula da
Química

MÓDULO 30

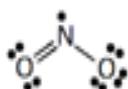
QUÍMICA AMBIENTAL



A chuva ácida causa diversos prejuízos aos materiais, seres vivos e agricultura.

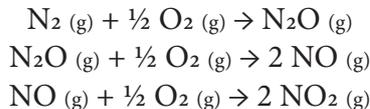
- **Chuva ácida provocada por dióxido de nitrogênio**

O dióxido de nitrogênio é um gás castanho avermelhado, de cheiro forte e irritante. Possui fórmula molecular NO_2 e sua fórmula estrutural é representada a seguir:



O dióxido de nitrogênio é um óxido ácido com grande poder oxidante. Como possui atividade corrosiva, é irritante para os pulmões e mucosa respiratória.

É produzido nos motores à explosão, usinas termelétricas, siderúrgicas mediante a reação entre os gases nitrogênio e oxigênio, sob condições de temperaturas elevadas. As equações químicas a seguir representam as reações químicas descritas:

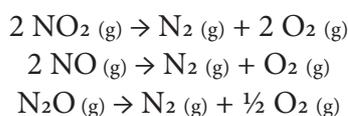


Quando chove, o dióxido de nitrogênio presente na atmosfera reage com água formando os ácidos nítrico e nitroso que contribuem para torna a chuva ácida. Veja a equação química dessa reação:



Como o ácido nítrico (HNO_3) é mais forte que o ácido nitroso (HNO_2), contribui mais para a acidez da chuva.

Os catalisadores automotivos contribuem muito para a redução da emissão dos óxidos de nitrogênio, pois aceleram suas decomposições em nitrogênio e oxigênio como representa a equação química:



- **Emissão de monóxido de carbono**

O monóxido de carbono (CO) é um gás tóxico e asfíxiante. É uma substância molecular polar. Sua fórmula estrutural é representada a seguir:



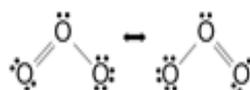
Sua emissão para a atmosfera resulta dos processos de combustão incompleta de materiais orgânicos como carvão, gasolina, querosene, óleo diesel, etanol e madeira, dentre outros.

Suas moléculas se ligam de forma bastante estável às moléculas de hemoglobina com formação das carboxiemoglobinas, inutilizando-as para o transporte de oxigênio dos pulmões aos tecidos.

Os catalisadores automotivos contribuem muito para a redução da emissão de monóxido de carbono, pois aumentam a velocidade da oxidação de suas moléculas com formação de gás carbônico, menos tóxico, apesar de contribuir para o agravamento do efeito estufa na superfície da terra.

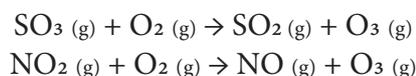
- **Produção de ozônio na troposfera**

O ozônio é um alótropo do oxigênio. Sua fórmula molecular é O_3 . É um gás de odor irritante formado por moléculas pouco polares que apresentam as seguintes estruturas de ressonância:



O ozônio é formado na atmosfera poluída a partir de reações que envolvem poluentes. Então, quanto mais ozônio no ar, mais elevadas também serão as concentrações de outros poluentes. Por isso, é considerado como um parâmetro da qualidade do ar de ambientes urbanos e industriais.

As reações dos poluentes, como trióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio, com oxigênio, na presença de materiais particulados no ar, produzem ozônio tropoférico, como mostram as equações químicas seguintes:



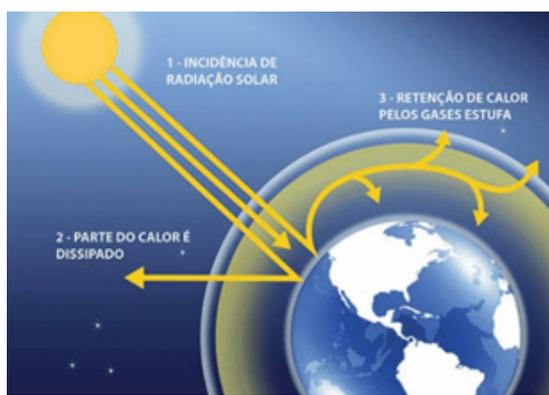
O ozônio é um gás oxidante, irritante das mucosas respiratórias. No inverno, numa situação de inversão térmica, quando a atmosfera tem dificuldade para dispersar seus poluentes que ficam presos em uma névoa branca, ocorre o fenômeno do smog fotoquímico, em que a luz e alta concentração de poluentes favorecem a formação de ozônio, sobretudo em regiões industrializadas e centros urbanos.

• Efeito estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural exercido pela atmosfera terrestre que permite que a temperatura média na superfície da terra seja próxima de 15 °C, suficiente para garantir a vida como a conhecemos. Se esse processo não ocorresse, a temperatura média seria -18 °C e a vida ficaria comprometida.

A terra recebe energia proveniente do sol na forma de radiações eletromagnéticas infravermelha, visível e ultravioleta do tipo UVA, com predomínio de luz visível. Parte dessa energia é retida na terra e o restante é refletido na forma de radiação infravermelha. Uma fração da radiação infravermelha que seria devolvida ao espaço fica retida por moléculas presentes na atmosfera como de dióxido de carbono, vapor de água e metano. Com isso, a troposfera mantém aquecida tornando o planeta habitável.

Veja o desenho abaixo que representa o fenômeno do efeito estufa:



• Gases de efeito estufa (GEE)

Gases de efeito estufa têm a propriedade de serem ativos (absorvem ou emitem radiação) na faixa de comprimentos de onda do infravermelho (cerca de 1 micrômetro a 100 micrômetros). Quando a molécula do GEE interage com a radiação infravermelha, suas ligações químicas podem vibrar de acordo com diferentes modos de vibração.

Os gases que mais contribuem para o efeito estufa são:

- **gás carbônico (CO₂):** a queima de combustíveis fósseis como carvão e derivados do petróleo é responsável pela emissão da maior quantidade presente na atmosfera. O potencial de efeito estufa do gás carbônico serve como padrão é igual a 1.
- **metano (CH₄):** existem várias fontes naturais de metano, como áreas úmidas e lagos, mas 60 % das emissões são causadas por atividades humanas. Elas se enquadram principalmente em três categorias: extração e queima de combustíveis fósseis para energia, agricultura e pecuária e gestão de lixo.
- O metano (CH₄) tem um potencial de aquecimento atmosférico 21 vezes maior que o dióxido de carbono (CO₂) durante um período de cem anos, e sua concentração na atmosfera mais do que duplicou desde a Revolução Industrial.
- **Óxido nitroso (N₂O):** o nitrogênio, essencial para a produção de alimentos, é um elemento vital para estruturas moleculares como enzimas, vitaminas, aminoácidos e até para o DNA. A adição de nitrogênio na agricultura, por meio de fertilizantes, acelera e aumenta o rendimento de plantações, entretanto também causa a emissão de óxido nitroso. Possui a propriedade de retenção de radiação infravermelha cerca de 206 vezes maior do que o gás carbônico, ou seja, uma molécula de óxido nitroso é equivalente a 206 moléculas de CO₂ na atmosfera.
- **Clorofluorcarbonos (CFC's):** são substâncias que foram muito utilizadas como gases de refrigeração, propelentes de aerossóis e expansores de polímeros na segunda metade do século XX. Mediante acordo internacional conhecido como Protocolo de Montreal estabelecido em 1987, a produção e comercialização dos clorofluorcarbonetos foram proibidas porque contribuem para a destruição do ozônio da estratosfera. No entanto, os clorofluorcarbonetos possuem tempo de permanência na atmosfera elevado, em média de 70 anos, e, como foram muito utilizados desde o início dos anos cinquenta do século XX, ainda permanecerão por muito tempo na atmosfera terrestre. Os clorofluorcarbonetos possuem potencial para causar efeito estufa 12400 vezes maior em relação ao gás carbônico.

- **Hidrofluorcarbonetos (HFC):** são substâncias que foram criadas para substituir os clorofluorcarbonetos (CFC) nos processos de refrigeração. Como não possuem cloro como os clorofluorcarbonetos, não contribuem para a destruição do ozônio da estratosfera. No entanto, possuem elevado potencial estufa. O HFC mais comercializado, o HFC-134a, é 1430 vezes mais ativo para retenção da radiação infravermelha na atmosfera do que o gás carbônico.

- **Aquecimento global**

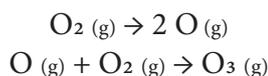
É o aumento da temperatura na superfície terrestre provocada pelo aquecimento da atmosfera e decorrente da retenção de radiação infravermelha por moléculas de gases estufa. As mudanças climáticas decorrentes do efeito estufa são:

- derretimento rápido das geleiras.
- aumento do nível da água do mar em todo planeta.
- inundação de ilhas e cidades costeiras.
- formação de furacões mais devastadores.
- desertificação de áreas férteis.
- redução da produção agrícola.
- aumento da temperatura das águas oceânicas.
- extinção de espécies dos seres vivos.

POLUIÇÃO NA ESTRATOSFERA

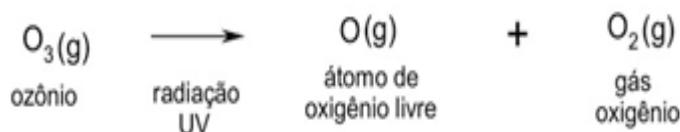
A estratosfera é uma camada da atmosfera localizada acima da troposfera que encerra cerca de 97 % do ozônio atmosférico. Por isso, é comumente chamada de camada de ozônio.

O ozônio é formado na estratosfera permanente mediante a dissociação molecular do oxigênio provocada pela incidência de radiação ultravioleta do tipo UVC. Átomos de oxigênio formados combinam-se com moléculas de oxigênio produzindo ozônio, como mostram as equações abaixo:

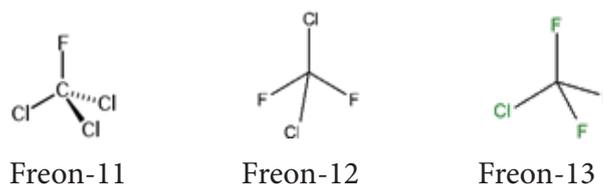


O ozônio estratosférico absorve a radiação ultravioleta do tipo UVB impedindo que chegue à superfície da terra, fenômeno importante porque é uma radiação muito prejudicial aos seres vivos. Nos seres humanos, é responsável pelo aumento da incidência de câncer de pele.

A equação a seguir mostra como que o ozônio estratosférico absorve radiação UVB com formação de oxigênio molecular e monoatômico:

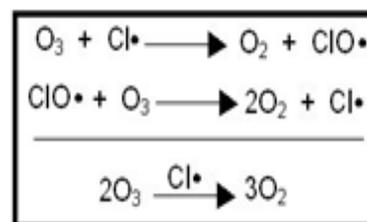


Sem a presença de poluentes, a concentração de ozônio permanece praticamente constante com pequenas variações sazonais. Contudo, a partir da segunda metade do século XX, ocorreu intensa utilização de uma classe de compostos orgânicos halogenados denominados genericamente de clorofluorcarbonetos (CFC). Veja as fórmulas estruturais dos clorofluorcarbonetos, também conhecidos comercialmente como freons



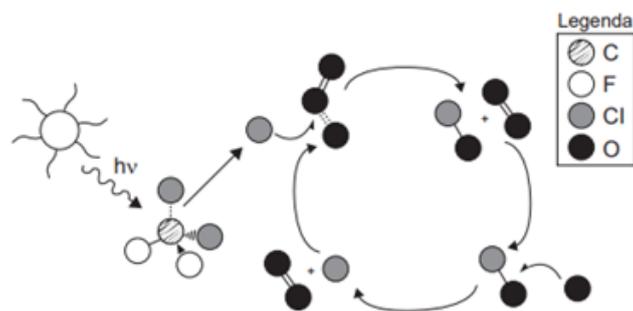
Os clorofluorcarbonos foram muito utilizados como gases para refrigeração, propelentes de aerossóis e expansores de polímeros sintéticos como o isopor.

São substâncias moleculares pouco polares e praticamente insolúveis em água. Logo, a água da chuva não retire os freons da atmosfera e nem os oceanos são absorvedores de CFC. Como são substâncias muito estáveis no ambiente, permanecem por décadas na atmosfera terrestre. Quando atingem a estratosfera e sob a ação da radiação ultravioleta do tipo UVC, liberam átomos de cloro que atacam as moléculas de ozônio, como mostra o esquema abaixo:



Observe que átomos de cloro são consumidos na primeira etapa e regenerados na segunda etapa, atuando, então, como catalisadores que aumentam a velocidade da decomposição do ozônio da estratosfera. Por isso, um átomo de cloro é capaz de destruir milhares de moléculas de ozônio antes de ser retirado da estratosfera.

A figura representa o mecanismo da destruição do ozônio estratosférico:



Os óxidos de nitrogênio também contribuem para a destruição do ozônio estratosférico porque formam dióxido de nitrogênio que atua como cloro, catalisando a decomposição do ozônio em oxigênio tornando-a mais rápida. Veja as equações químicas que descrevem a ação de moléculas de NO_2 na camada de ozônio.

- **Buraco na camada de ozônio**

O buraco na camada de ozônio é a denominação dada ao fenômeno de grande redução da concentração de ozônio na estratosfera que ocorre principalmente no polo sul. O fenômeno com grande extensão foi detectado pela primeira vez em 1983 na estratosfera sobre a Antártida. A partir daí, o buraco foi expandindo até atingir a área de 24,9 milhões quilômetros quadrados sobre a Antártida em 1992. Nos anos seguintes, esforços mundiais provocaram a redução da produção e utilização de clorofluorcarbonos. Com isso, a depleção do ozônio sobre a Antártida reduziu, atingindo áreas menores. Em 2017, foi detectada a menor área com depleção de ozônio sobre a Antártida. Infelizmente, desde 2019, tem se verificado novos aumentos das áreas atingidas, indicando o retorno da produção de clorofluorcarbonos em alguns países.

Observe a figura abaixo que mostra a evolução da área de depleção de ozônio sobre a Antártida:

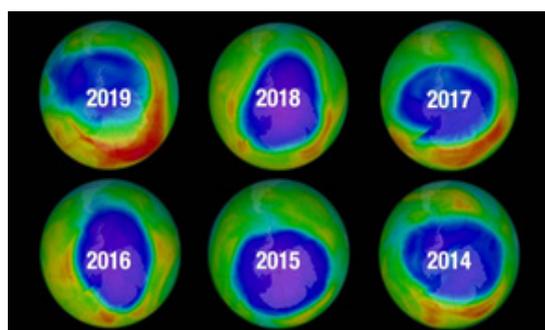


Foto: NASA/Reprodução YouTube

Durante o inverno rigoroso com temperaturas em torno de $-90\text{ }^\circ\text{C}$, o vento polar com velocidade média de 100 Km. h^{-1} carrega grande quantidade de poluentes, entre eles, os clorofluorcarbonetos. Quando ocorre a formação de gelo nas nuvens estratosféricas, os poluentes ficam retidos nas estruturas cristalina dos sólidos formados, ficando inativos. No entanto, no mês de setembro de cada ano, com a chegada dos raios solares, o gelo funde e ocorre a liberação dos poluentes que atacam intensamente as moléculas de ozônio provocando uma grande depleção desse gás na estratosfera sobre a Antártida.

POLUIÇÃO DOS SOLOS E ÁGUAS

Os poluentes mais comuns que contaminam os solos e as águas são utilizados ou gerados nas atividades industriais, da mineração, da obtenção de energia, da agricultura, da pecuária de grandes rebanhos e do lançamento de resíduos domésticos no meio ambiente.

- **Poluição por metais pesados**

Os metais pesados são aqueles metais tóxicos de massas molares altas que não possuem função fisiológica nos organismos vivos e sofrem bioacumulação, sendo encontrados em diversas espécies de seres vivos. Mercúrio, chumbo e cádmio são os metais pesados que mais impactos causam ao meio ambiente.

O mercúrio é utilizado na produção de lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias e na extração do ouro. O descarte incorreto desses materiais promove o lançamento de mercúrio que contaminam solos e água. Seres vivos podem incorporar esse metal pesado através da ingestão de água e alimentos.

Os cátions de chumbo são frequentemente encontrados em efluentes industriais não tratados de indústrias têxteis, de celulose, mineração e siderúrgicas.

Cátions Pb^{2+} atacam sítios ativos das enzimas atuando como veneno de catalisador, reduzindo a eficiência enzimática durante os processos metabólicos.

- **Poluição por fertilizantes agrícolas**

Os fertilizantes agrícolas são substâncias que contêm os macro e micronutrientes necessários ao crescimento dos vegetais. Os sais de fosfato e de nitrato são administrados em grandes quantidades aos solos desde o plantio até o crescimento dos vegetais.

Os fosfatos mais utilizados na agricultura brasileira são diidrogenofosfato de cálcio hidratado, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, diidrogenofosfato de amônio, $[\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4]$, e hidrogenofosfato de amônio, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Os nitratos mais comuns presentes nas misturas fertilizantes são nitrato de sódio, NaNO_3 e nitrato de amônio, NH_4NO_3 .

A aplicação excessiva de fosfatos e nitratos contaminam os solos, os lençóis freáticos e as águas superficiais.

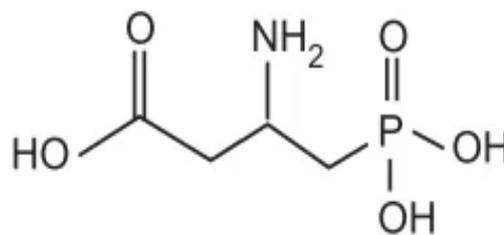
Eutrofização dos corpos de água

As águas das chuvas podem carregar os fertilizantes, sobretudo os nitratos e fosfatos, para corpos de água. O aumento de nutrientes nesses ambientes favorece a proliferação de plantas aquáticas. Com isso, a quantidade de matéria orgânica aumenta bem como a necessidade de oxigênio para sua degradação. A consequência da redução da oxigenação das águas é o comprometimento da vida aquática promovendo a eutrofização dos corpos de água.

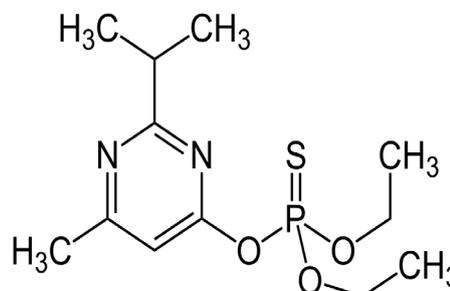
- **Poluição por pesticidas**

Os pesticidas são substâncias ou misturas de substâncias utilizadas para impedir, destruir, repelir ou mitigar qualquer praga que atue nos vegetais cultivados. Podem ser acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas, nematicidas, dentre outros.

Os pesticidas podem contaminar águas e solos causando a intoxicação de diversas espécies de seres vivos no ambiente e grande desequilíbrio ambiental. Para os seres humanos, os pesticidas podem causar doenças hepáticas e neurológicas graves como o câncer. Geralmente, são muito persistentes no ambiente devido à pequena solubilidade em água, contaminando águas subterrâneas e superficiais, além dos solos, por muito tempo.



Glifosato (herbicida)



Diazinon (inseticida)

- **Poluição por descarte de resíduos industriais**

Os resíduos industriais contendo lodo, óleos, resíduos ácidos ou alcalinos, petróleo, madeira, vidro, plástico e metais pesados devem passar por um tratamento antes de serem descartados e entrarem em contato com o ecossistema local. No entanto, muitas empresas ainda lançam seus efluentes líquidos e resíduos sólidos sem tratamento nos corpos de água e nos solos, promovendo contaminação com substâncias poluentes que podem causar doenças nos seres humanos e prejudicar a fauna e flora locais.

- **Poluição por esgotos domésticos**

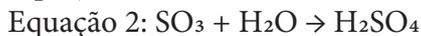
A composição do lixo doméstico compreende material vegetal, plástico, papel, vidro, principalmente. Como muitos materiais possuem tempo de degradação na natureza muito longo, são muito persistentes no ambiente, contaminando-o por muitos anos.

O lançamento de esgoto ou efluente doméstico não tratado nos corpos de água provoca o aumento da matéria orgânica na água e a redução da taxa de oxigenação que afeta a vida de muitas espécies de seres vivos aquáticos, ocorrendo o aumento da população de determinados microrganismos e a dificuldade de desenvolvimento de outros.



1. (ENEM - 2017)

Muitas indústrias e fábricas lançam para o ar, através de suas chaminés, poluentes prejudiciais às plantas e aos animais. Um desses poluentes reage quando em contato com o gás oxigênio e a água da atmosfera, conforme as equações químicas:



De acordo com as equações, a alteração ambiental decorrente da presença desse poluente intensifica o(a):

- A) formação de chuva ácida.
- B) surgimento de ilha de calor.
- C) redução da camada de ozônio.
- D) ocorrência de inversão térmica.
- E) emissão de gases de efeito estufa.

2. (VUNESP)

Sabe-se que a chuva ácida é formada pela dissolução, na água da chuva, de óxidos ácidos presentes na atmosfera. Entre os pares de óxidos relacionados, qual é constituído apenas por óxidos que provocam a chuva ácida?

- A) Na_2O e NO_2
- B) CO_2 e MgO
- C) CO_2 e SO_3
- D) CO e NO

3. (ENEM - 2013)

Sabe-se que o aumento da concentração de gases como CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A agricultura é uma das atividades humanas que pode contribuir tanto para a emissão quanto para o sequestro desses gases, dependendo do manejo da matéria orgânica do solo.

ROSA, A. H.; COELHO, J. C. R. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 5, nov. 2003 (adaptado).

De que maneira as práticas agrícolas podem ajudar a minimizar o agravamento do efeito estufa?

- A) Evitando a rotação de culturas.
- B) Liberando o CO_2 presente no solo.
- C) Aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo.
- D) Queimando a matéria orgânica que se deposita no solo.
- E) Atenuando a concentração de resíduos vegetais do solo.

4. (ENEM - 2016)

Algumas práticas agrícolas fazem uso de queimadas, apesar de produzirem grandes efeitos negativos. Por exemplo, quando ocorre a queima da palha de cana-de-açúcar, utilizada na produção de etanol, há emissão de poluentes como CO_2 , SO_x , NO_x e materiais particulados (MP) para a atmosfera. Assim, a produção de biocombustíveis pode, muitas vezes, ser acompanhada da emissão de vários poluentes. CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. *Biocombustível: o mito do combustível limpo*. *Química Nova na Escola*, n. 28, maio 2008 (adaptado).

Considerando a obtenção e o consumo desse biocombustível, há transformação química quando:

- A) o etanol é armazenado em tanques de aço inoxidável.
- B) a palha de cana-de-açúcar é exposta ao sol para secagem.
- C) a palha da cana e o etanol são usados como fonte de energia.
- D) os poluentes SO_x , NO_x e MP são mantidos intactos e dispersos na atmosfera.
- E) os materiais particulados (MP) são espalhados no ar e sofrem deposição seca.

5. (ENEM - 2010)

Os oceanos absorvem aproximadamente um terço das emissões de CO_2 procedentes das atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e as queimadas. O CO_2 combina-se com a água dos oceanos, provocando uma alteração importante em suas propriedades. Pesquisas com vários organismos marinhos revelam que essa alteração nos oceanos afeta uma série de processos biológicos necessários para o desenvolvimento e a sobrevivência de várias espécies da vida marinha. A alteração a que se refere o texto diz respeito ao aumento

- A) da acidez da água dos oceanos.
- B) do estoque de pescados nos oceanos.
- C) da temperatura média dos oceanos.
- D) do nível das águas dos oceanos.
- E) da salinização das águas dos oceanos.



6. (ENEM - 2017)

As lâmpadas fluorescentes apresentam vantagens como maior eficiência luminosa, vida útil mais longa e redução do consumo de energia. Contudo, um dos constituintes dessas lâmpadas é o mercúrio, que apresenta sérias restrições ambientais em função de sua toxicidade. Dessa forma, as lâmpadas fluorescentes devem passar por um processo prévio de descontaminação antes do descarte ou reciclagem do material. O ideal é que nesse processo se tenha o menor impacto ambiental e, se possível, o mercúrio seja recuperado e empregado em novos produtos.

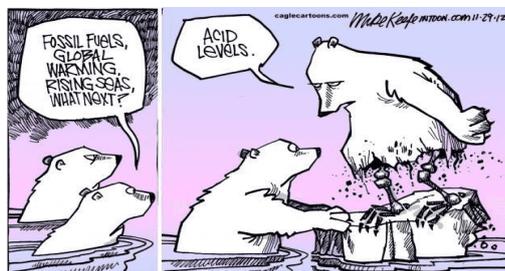
DURÃO JR., W.A.; WINDMOLLER, C.C. *A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. Química Nova na Escola*, n. 28, 2008 (adaptado).

Considerando os impactos ambientais negativos, o processo menos indicado de descontaminação desse metal presente nas lâmpadas seria o(a)

- A) encapsulamento, no qual as lâmpadas são trituradas por via seca ou úmida, o material resultante é encapsulado em concreto e a disposição final do resíduo é armazenada em aterros.
- B) lixiviação ácida, com a dissolução dos resíduos sólidos das lâmpadas em ácido (HNO_3), seguida de filtração e neutralização da solução para recuperar os compostos de mercúrio.
- C) incineração, com a oxidação das lâmpadas junto com o lixo urbano em altas temperaturas, com redução do material sólido e lançamento dos gases e vapores para a atmosfera.
- D) processo térmico, no qual o resíduo é aquecido em sistema fechado para vaporizar o mercúrio e em seguida ocorre o resfriamento para condensar o vapor e obter o mercúrio elementar.
- E) separação por via química, na qual as lâmpadas são trituradas em sistema fechado, em seguida aditivos químicos são adicionados para a precipitação e separação do mercúrio.

7. (UNICAMP - 2016)

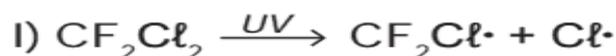
A tira tematiza a contribuição da atividade humana para a deterioração do meio ambiente. Do diálogo apresentado, pode-se depreender que os ursos já sabiam



- A) do aumento do pH dos mares e acabam de constatar o abaixamento do nível dos mares.
- B) da diminuição do pH dos mares e acabam de constatar o aumento do nível dos mares.
- C) do aumento do nível dos mares e acabam de constatar o abaixamento do pH dos mares.
- D) da diminuição do nível dos mares e acabam de constatar o aumento do pH dos mares.

8. (ENEM - 2012)

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.



9. (ENEM - 2009)

O processo de industrialização tem gerado sérios problemas de ordem ambiental, econômica e social, entre os quais se pode citar a chuva ácida. Os ácidos usualmente presentes em maiores proporções na água da chuva são o H_2CO_3 , formado pela reação do CO_2 atmosférico com a água, o HNO_3 , o HNO_2 , o H_2SO_4 e o H_2SO_3 . Esses quatro últimos são formados principalmente a partir da reação da água com os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela queima de combustíveis fósseis.

A formação de chuva mais ou menos ácida depende não só da concentração do ácido formado, como também do tipo de ácido. Essa pode ser uma informação útil na elaboração de estratégias para minimizar esse problema ambiental. Se consideradas concentrações idênticas, quais dos ácidos citados no texto conferem maior acidez às águas das chuvas?

- A) HNO_3 e HNO_2
- B) H_2SO_4 e H_2SO_3
- C) H_2SO_3 e HNO_2
- D) H_2SO_4 e HNO_3
- E) H_2CO_3 e H_2SO_3

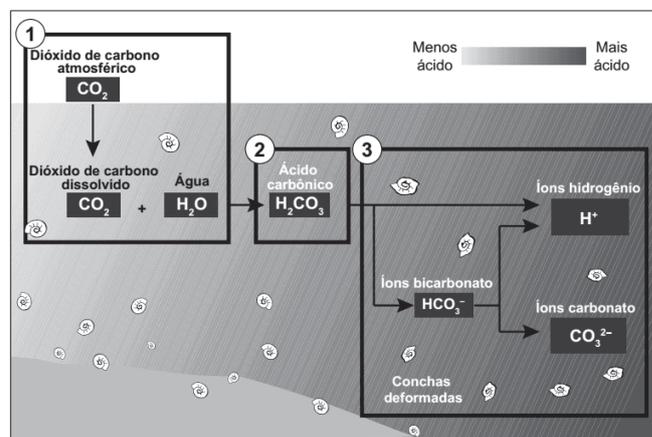
10. (UNICAMP - 2013)

Em junho de 2012 ocorreu na cidade do Rio de Janeiro a Conferência Rio+20. Os principais focos de discussão dessa conferência diziam respeito à sustentabilidade do planeta e à poluição da água e do ar. Em relação a esse último aspecto, sabemos que alguns gases são importantes para a vida no planeta. A preocupação com esses gases é justificada, pois, de um modo geral, pode-se afirmar que

- A) o CH_4 e o CO_2 estão relacionados à radiação ultravioleta, o O_3 , à chuva ácida e os NO_x , ao efeito estufa.
- B) o CH_4 está relacionado à radiação ultravioleta, o O_3 e o CO_2 , ao efeito estufa e os NO_x , à chuva ácida.
- C) os NO_x estão relacionados ao efeito estufa, o CH_4 e o CO_2 , à radiação ultravioleta e o O_3 , à chuva ácida.
- D) o O_3 está relacionado à radiação ultravioleta, o CH_4 e o CO_2 , ao efeito estufa e os NO_x , à chuva ácida.

11. (ENEM - 2014)

Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvida pela água do mar. O esquema representa reações que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono na atmosfera pode afetar os recifes de corais.



Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

O resultado desse processo nos corais é o(a)

- A) seu branqueamento, levando à sua morte e extinção.
- B) excesso de fixação de cálcio, provocando calcificação indesejável.
- C) menor incorporação de carbono, afetando seu metabolismo energético.
- D) estímulo da atividade enzimática, evitando a descalcificação dos esqueletos.
- E) dano à estrutura dos esqueletos calcários, diminuindo o tamanho das populações.

12. (ENEM - 2015)

Pesticidas são substâncias utilizadas para promover o controle de pragas. No entanto, após sua aplicação em ambientes abertos, alguns pesticidas organoclorados são arrastados pela água até lagos e rios e, ao passar pelas guelras dos peixes, podem difundir-se para seus tecidos lipídicos e lá se acumularem.

A característica desses compostos, responsável pelo processo descrito no texto, é o(a)

- A) baixa polaridade.
- B) baixa massa molecular.
- C) ocorrência de halogênios.
- D) tamanho pequeno das moléculas.
- E) presença de hidroxilas nas cadeias.



13. (UNICAMP - 2018)

Altas concentrações de metais pesados foram encontradas nas águas de inúmeras bacias hidrográficas brasileiras. Esses poluentes podem rapidamente se acumular em seres vivos. Por exemplo, peixes podem absorver metais pesados da água e pela ingestão de alimentos, retendo-os em seu tecido muscular.

(Adaptado de Daniel P. de Lima e outros, *Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. Acta Amazônica, Manaus, 45, pp. 405-414, 2015.*)

Assinale a alternativa correta.

- A) Metais pesados, como o urânio, são encontrados em maiores concentrações em herbívoros longevos ou do meio da teia alimentar, como tartarugas marinhas e peixes de fundo de rio.
- B) Metais pesados, como o mercúrio, são encontrados em maiores concentrações em carnívoros do meio da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.
- C) Metais pesados, como o ferro, são encontrados em maiores concentrações em herbívoros e carnívoros do topo da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.
- D) Metais pesados, como o chumbo, são encontrados em maiores concentrações em predadores longevos ou do topo da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.

14. (ENEM - 2012)

Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de:

- A) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- B) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- C) sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- D) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- E) garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

15. (ENEM - 2011)

Em 1872, Robert Angus Smith criou o termo “chuva ácida”, descrevendo precipitações ácidas em Manchester após a Revolução Industrial. Trata-se do acúmulo demasiado de dióxido de carbono e enxofre na atmosfera que, ao reagirem com compostos dessa camada, formam gotículas de chuva ácida e partículas de aerossóis. A chuva ácida não necessariamente ocorre no local poluidor, pois tais poluentes, ao serem lançados na atmosfera, são levados pelos ventos, podendo provocar a reação em regiões distantes. A água de forma pura apresenta pH 7 e, ao contatar agentes poluidores, reage modificando seu pH para 5,6 e até menos que isso, o que provoca reações, deixando consequências.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: 18 maio 2010 (adaptado).

O texto aponta para um fenômeno atmosférico causador de graves problemas ao meio ambiente: a chuva ácida (pluviosidade com pH baixo). Esse fenômeno tem como consequência

- A) a corrosão de metais, pinturas, monumentos históricos, destruição da cobertura vegetal e acidificação de lagos.
- B) a diminuição do aquecimento global, já que esse tipo de chuva retira poluentes da atmosfera.
- C) a destruição da fauna e da flora e redução dos recursos hídricos, com o assoreamento dos rios.
- D) as enchentes, que atrapalham a vida do cidadão urbano, corroendo, em curto prazo, automóveis e fios de cobre da rede elétrica.
- E) a degradação da terra nas regiões semiáridas, localizadas, em sua maioria, no Nordeste do nosso país.

16. (UNICAMP-SP)

Imagine a humanidade em um futuro longínquo...

As reservas de combustível fóssil (petróleo, carvão) se esgotaram e a energia térmica provém, agora, da combustão do gás hidrogênio, H_2 , obtido através da decomposição da água, de onde resulta, também, o gás oxigênio, O_2 .

- A) Poderá haver um risco de se acabar com toda a água disponível no planeta, da mesma forma que se esgotaram os combustíveis fósseis?
- B) Nossa atmosfera ficará super-enriquecida pelo gás oxigênio proveniente da decomposição da água? Justifique as suas respostas.



17. (UFMG)

O efeito estufa, causado pelo acúmulo de gás carbônico, CO_2 , na atmosfera, tem contribuído para um significativo aumento da temperatura média da Terra. Todas as alternativas apresentam processos que produzem gás carbônico, exceto:

- A) a fabricação de cal, CaO , pelo aquecimento de carbonato de cálcio, CaCO_3
- B) a fotossíntese realizada pelas plantas.
- C) a queima de combustível por um motor de automóvel.
- D) a queima de gás em um fogão.
- E) a queimada de florestas.

18. (UFTM-MG)

O tratamento da água é um processo custoso, envolvendo diversas etapas. O cloro e o sulfato de alumínio são usados, respectivamente, como agentes

- A) dispersante e espessante.
- B) redutor e espessante.
- C) tensoativo e dispersante.
- D) floculante e tensoativo.
- E) oxidante e floculante.

19. (UFPA)

Os gases produzidos nas queimadas que podem contribuir para o efeito estufa são somente

- A) CO e $\text{NO} + \text{NO}_2$
- B) SO_2 e NO
- C) CO_2 e CH_4
- D) CO_2 e NO_2
- E) $\text{NO} + \text{NO}_2$ e SO_2

20. (UDESC)

Nos últimos anos, o perigo do efeito estufa agravou-se devido à emissão excessiva de substâncias químicas que absorvem o calor refletido pela Terra.

Assinale a alternativa em que todas as substâncias apresentadas referem-se aos "gases do efeito estufa".

- A) CO_2 , CH_4 , NO_x , CFCs
- B) H_2O , NaCl , CO_2 , C_8H_{16}
- C) CO_2 , CH_4 , SO_2 , HNO_3
- D) O_2 , NO_x , H_2O , NH_3
- E) H_2SO_4 , CFCs, CO_2 , H_2O

21. (UNICAMP - 2011)

Cerca de 1/4 de todo o dióxido de carbono liberado pelo uso de combustíveis fósseis é absorvido pelo oceano, o que leva a uma mudança em seu pH e no equilíbrio do carbonato na água do mar. Se não houver uma ação rápida para reduzir as emissões de dióxido de carbono, essas mudanças podem levar a um impacto devastador em muitos organismos que possuem esqueletos, conchas e revestimentos, como os corais, os moluscos, os que vivem no plâncton, e no ecossistema marinho como um todo. Levando-se em conta a capacidade da água de dissolver o dióxido de carbono, há uma proposta de se bombear esse gás para dentro dos oceanos, em águas profundas. Considerando-se o exposto no texto inicial e a proposta de bombeamento do dióxido de carbono nas águas profundas, pode-se concluir que esse bombeamento:

- A) favoreceria os organismos que utilizariam o carbonato oriundo da dissolução do gás na água para formar suas carapaças ou exoesqueletos, mas aumentaria o nível dos oceanos.
- B) diminuiria o problema do buraco da camada de ozônio, mas poderia comprometer a vida marinha.
- C) diminuiria o problema do efeito estufa, mas poderia comprometer a vida marinha.
- D) favoreceria alguns organismos marinhos que possuem esqueletos e conchas, mas aumentaria o problema do efeito estufa.

22. (ENEM - 2001)

Algumas atividades humanas interferiram significativamente no ciclo natural do enxofre, alterando as quantidades das substâncias indicadas no esquema. Ainda hoje isso ocorre, apesar do grande controle por legislação.

Pode-se afirmar que duas dessas interferências são resultantes da:

- A) queima de combustíveis em veículos pesados e da produção de metais a partir de sulfetos metálicos.
- B) produção de metais a partir de óxidos metálicos e da vulcanização da borracha.
- C) queima de combustíveis em veículos leves e da produção de metais a partir de óxidos metálicos.
- D) queima de combustíveis em indústria e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.
- E) vulcanização da borracha e da obtenção de matérias-primas a partir da água do mar.



Fórmula da
Química

MÓDULO 31

BIOMOLÉCULAS

BIOMOLÉCULAS

Biomoléculas são substâncias químicas sintetizadas por seres vivos e que participam de suas estruturas e funcionamento. As principais classes de biomoléculas são

- Carboidratos.
- Proteínas.
- Lipídios.
- Ácidos nucleicos.

CARBOIDRATOS

Os carboidratos, glicídeos ou sacarídeos são as biomoléculas mais abundantes na terra. Suas moléculas possuem as funções orgânicas álcool e cetona (poliidroxicetonas) ou as funções álcool e aldeído (poliidroxialdeídos).

Possuem funções variadas como:

- reserva energética animal (glicogênio) e vegetal (amido).
- composição da parede celular de vegetais (celulose).
- composição das estruturas de ácidos nucleicos como DNA e RNA (pentoses).

A fórmula geral dos carboidratos é $C_x (H_2O)_y$.

CLASSIFICAÇÃO DOS CARBOIDRATOS

Os carboidratos são classificados de acordo com o tamanho de suas moléculas em:

- Monossacarídeos.
- Oligossacarídeos: união de 2 a 20 monossacarídeos
- Polissacarídeos.

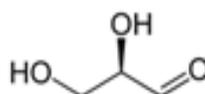
MONOSSACARÍDEOS

São carboidratos sólidos formados por moléculas pequenas com a presença de grupos funcionais cetona/álcool, as cetoses, e aldeído/álcool (aldoses). Podem ter de 3 a 7 átomos de carbono. Os mais comuns são as pentoses e hexoses. São muito solúveis em água, pois suas moléculas são muito polares.

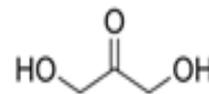
Não sofrem hidrólise na presença de água.

Os monossacarídeos mais comuns nos seres vivos possuem no máximo seis átomos de carbono e são classificados de acordo com o número de átomos de carbono em trioses, tetroses, pentoses, hexoses:

- **Trioses:** são monossacarídeos que possuem moléculas com três átomos de carbono.

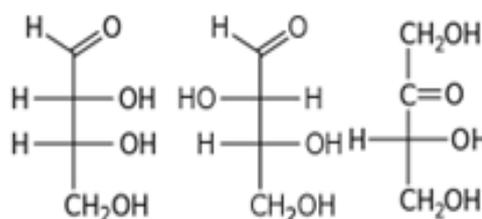


Gliceraldeído



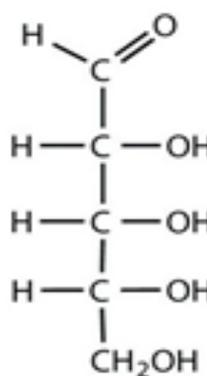
Diidroxiacetona

- **Tetroses:** são monossacarídeos que possuem moléculas com quatro átomos de carbono.

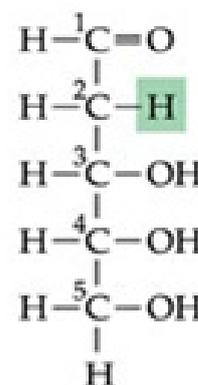


D-Eritrose D-Treose D-Eritrulose

- **Pentoses:** são monossacarídeos com moléculas com cinco átomos de carbono. Para os seres vivos, as pentoses mais importantes são a ribose e a desoxirribose, que são as componentes estruturais dos ácidos nucleicos, os quais comandam as funções celulares.

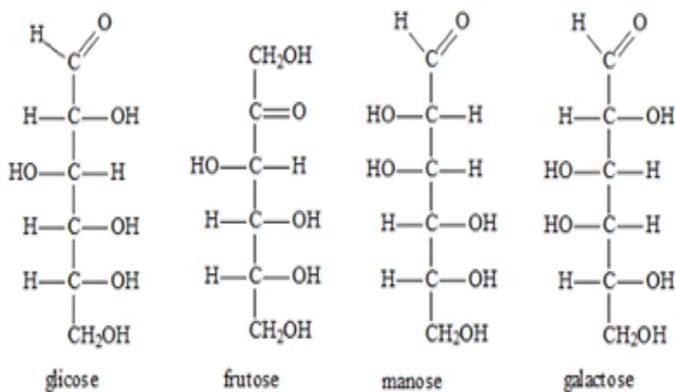


D-ribose



D-desoxirribose

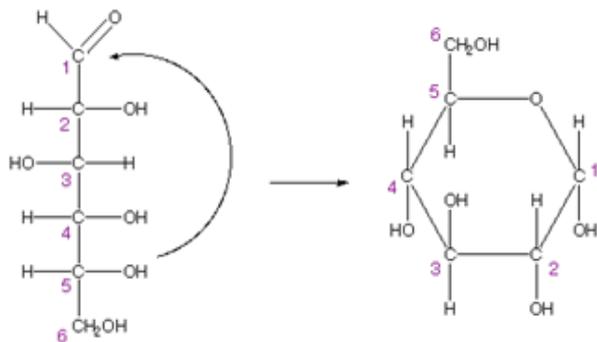
- **Hexoses:** são monossacarídeos formados por seis átomos de carbono. Veja as fórmulas estruturais de hexoses mais comuns nos seres vivos:



CICLIZAÇÃO DAS MOLÉCULAS DE MONOSSACARÍDEOS

Os monossacarídeos com 5 ou 6 átomos de carbono por molécula, quando em solução, predominam na forma cíclica. Isso ocorre porque, em geral, um grupo carbonila (aldeído ou cetona) pode reagir com um álcool, formando um grupo hemiacetal.

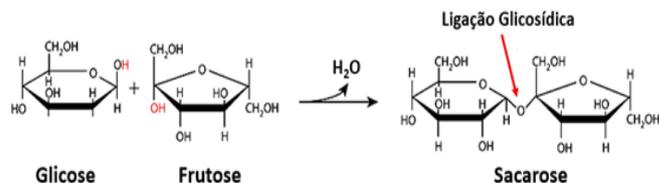
Observe a ciclização da molécula de glicose representada abaixo. Veja que a carbonila que possui o carbono 1, denominado carbono anomérico, reage com a hidroxila ligada ao carbono 5, promovendo o fechamento da cadeia carbônica:



DISSACARÍDEOS

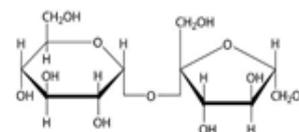
Os dissacarídeos são carboidratos formados pela união de dois monossacarídeos por ligação o-glicosídica. São sólidos nas condições ambientes e muito solúveis em água e pouco solúveis em solventes apolares. Sofrem hidrólise formando monossacarídeos.

A ligação O-glicosídica resulta da reação da hidroxila de uma molécula de um monossacarídeo com a hidroxila da molécula de outro monossacarídeo com formação de água e do dissacarídeo.

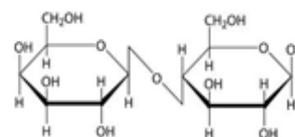


Os dissacarídeos mais importantes para os processos biológicos dos seres vivos são:

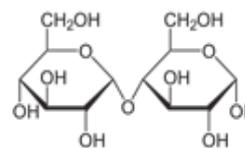
- **Sacarose:** resulta da união de moléculas de glicose e frutose.



- **Lactose:** resulta da união de moléculas de glicose e galactose.



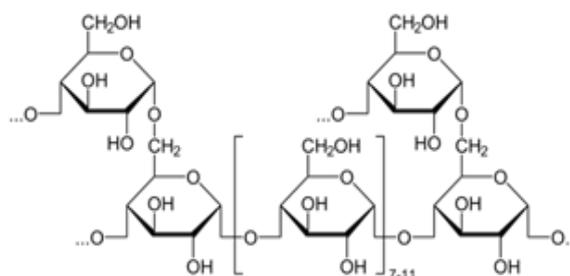
- **Maltose:** resulta da união de moléculas de glicose.



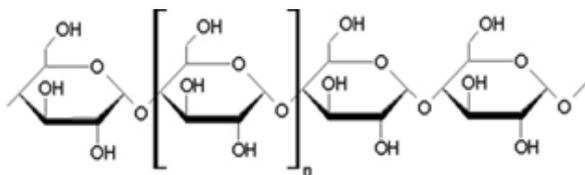
POLISSACARÍDEOS

São carboidratos formados pela união de 20 ou mais monossacarídeos através de ligações glicosídicas. São biomoléculas com funções energética e estrutural. Os polissacarídeos mais importantes para os seres vivos são:

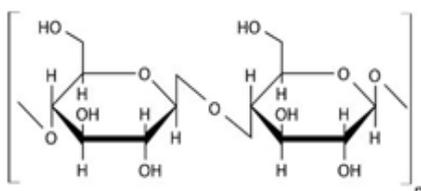
- **Glicogênio:** é a biomolécula responsável pela reserva energética animal. Resulta da união de cerca de 3000 moléculas de glicose. É insolúvel em água.



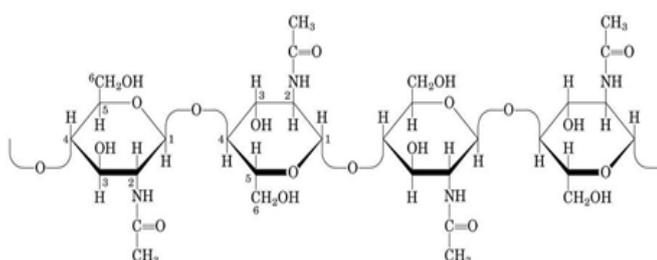
- **Amido:** é um sólido branco, insolúvel e que se encontra presente essencialmente nos vegetais. É constituído por cerca de 1400 unidades de glicose ligadas através de ligações glicosídicas.



- **Celulose:** é um polissacarídeo formado por cadeias lineares de glicose (300 a 1500 unidades) unidas por ligações glicosídicas. É a principal base estrutural das plantas, nomeadamente na constituição das paredes celulares das células vegetais. As moléculas de celulose organizam-se em camadas de fibras que oferecem resistência e flexibilidade às estruturas. Embora seja uma molécula hidrofílica, a celulose é completamente insolúvel em água devido ao seu elevado tamanho.



- **Quitina:** é também um polissacarídeo estrutural formado por unidades de acetilglicosamina, e está presente no exoesqueleto dos artrópodes e nas paredes celulares dos fungos.



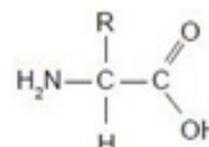
PROTEÍNAS

Proteínas são substâncias formadas por macromoléculas resultantes da união de aminoácidos por ligações peptídicas. São compostos orgânicos encontrados em todos organismos. Estão presentes em praticamente todas as estruturas celulares. Possuem funções biológicas importantes como transporte de oxigênio (hemoglobina), catalisadores de reações bioquímicas (enzimas), proteção do corpo contra

organismos patogênicos (anticorpos), formação de hormônios e a contração muscular (miosina e a actina), dentre outras.

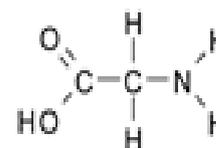
AMINOÁCIDOS

São substâncias orgânicas formadas por moléculas que apresentam os grupos funcionais amino e carboxila como mostra a fórmula estrutural genérica:



Os aminoácidos são os monômeros das proteínas.

O aminoácido mais simples é a glicina em que o grupo R é representado pelo átomo de hidrogênio, como mostra a fórmula estrutural abaixo:

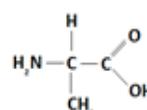


Glicina

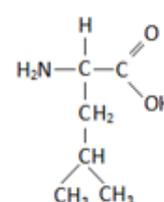
O grupo R, além do átomo de hidrogênio, pode ser:

- **Apolar.**

Exemplos: aminoácidos alanina e leucina.



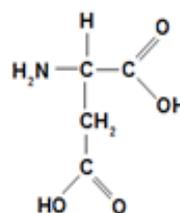
Alanina



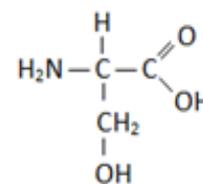
Leucina

- **Polar.**

Exemplos: ácido aspártico e serina.



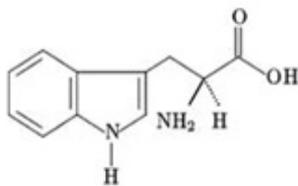
Ácido aspártico



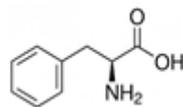
Serina

• **Aromático.**

Exemplos: triptofano e fenilalanina



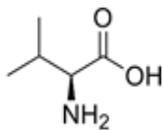
Triptofano



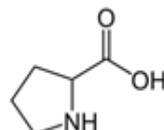
Fenilalanina

• **Alifático.**

Exemplos: valina e prolina.



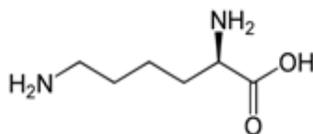
Valina



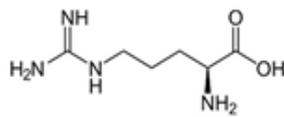
Prolina

• **Básico.**

Exemplos: lisina e arginina



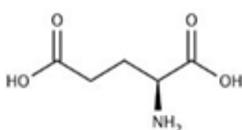
Lisina



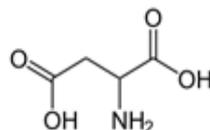
Arginina

• **Ácido.**

Exemplos: ácidos glutâmico e aspárgico.



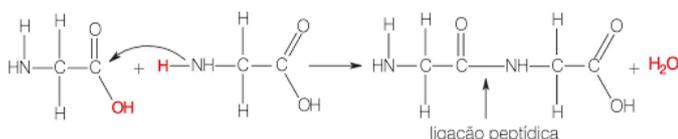
Ácido glutâmico



Ácido aspárgico

DIPEPTÍDEOS

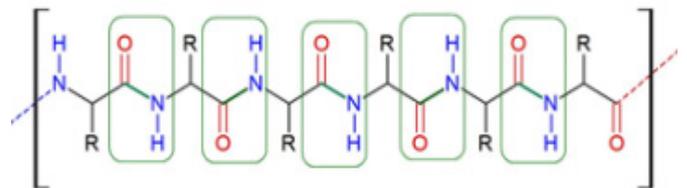
São compostos orgânicos resultantes da união de dois aminoácidos por ligação peptídica. Na reação o grupo carboxila de um aminoácido reage com o grupo amino de outro aminoácido com formação do grupo funcional amida. Observe o dipeptídeo formado pela reação envolvendo moléculas do aminoácido glicina:



A reação inversa é denominada hidrólise do dipeptídeo com formação dos aminoácidos de origem.

PROTEÍNAS

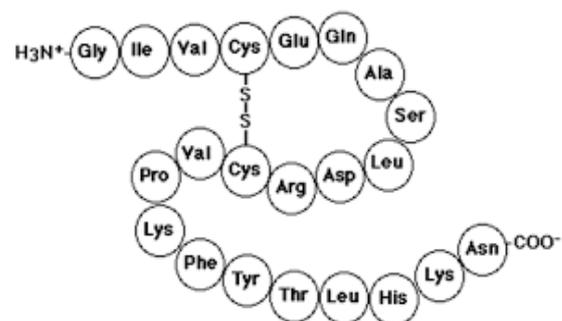
As proteínas são polímeros e os aminoácidos são seus monômeros. A ligação peptídica que se estabelece entre os aminoácidos promove a formação de uma poliamida. A figura abaixo representa um fragmento de uma proteína com destaque para os grupos amida formados pela união entre os aminoácidos:



• **Estruturas das proteínas**

As proteínas são descritas por suas estruturas primária, secundária, terciária e quaternária.

A estrutura primária é a sequência simples de aminoácidos. As ligações químicas dominantes são covalentes. A sequência dos aminoácidos não é aleatória, mas bem determinada e determina sua função biológica. A figura abaixo representa a estrutura primária de uma proteína:



A estrutura secundária resulta da interação entre os grupos amino e carboxila de resíduos de aminoácidos próximos da mesma molécula protéica por meio de ligações de hidrogênio. As estruturas secundárias podem ser dos tipos α -hélice e β -pregueada:



α -hélice



β -pregueada

A estrutura terciária é o arranjo tridimensional da cadeia peptídica estabilizado por interações entre grupos R de aminoácidos distantes. As ligações entre os grupos R podem ser fortes como iônica e covalente ou mais fracas como ligações de hidrogênio, dipolo-dipolo e dipolo instantâneo-dipolo induzido.



A estrutura quaternária corresponde a duas ou mais cadeias polipeptídicas, idênticas ou não, que se agrupam e se ajustam para formar a estrutura total da proteína. Por exemplo, a molécula da insulina é composta por duas cadeias interligadas. Enquanto, a hemoglobina é composta por quatro cadeias polipeptídicas.



LIPÍDIOS

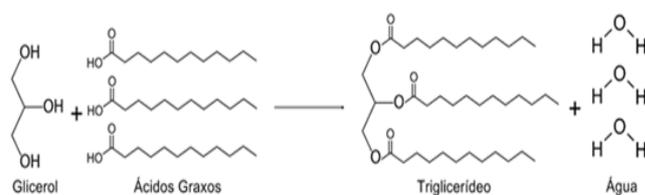
Os lipídios são substâncias orgânicas insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos apolares. Os tipos de lipídios são muito distintos quanto à estrutura molecular. Possuem funções biológicas essenciais como reserva de energia, composição das membranas plasmáticas, controle térmico e regulação da atividade metabólica na forma de hormônios.

Os tipos de lipídios mais importantes são:

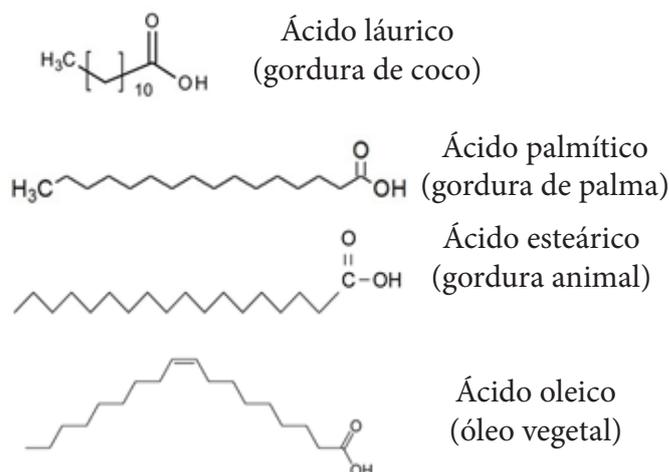
- Glicerídios.
- Fosfolipídios ou fosfoglicerídios.
- Esteroides ou esterídios.
- Cerídeos ou ceras.

GLICERÍDIOS

São substâncias orgânicas formadas por moléculas resultantes da união de moléculas de ácidos graxos e moléculas de glicerol. São os óleos e gorduras, vegetais e animais.



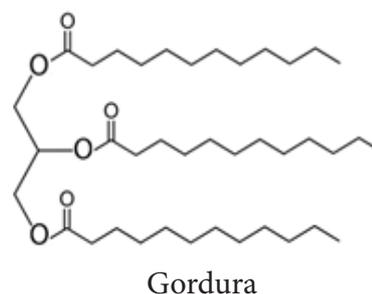
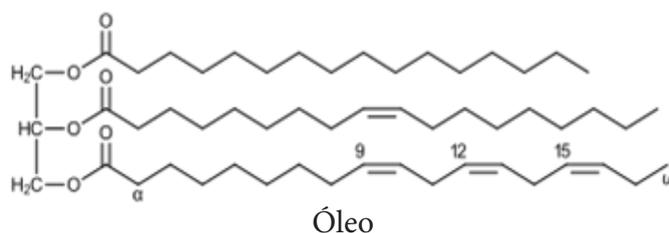
Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos formados por cadeias carbônicas com 12 a 24 átomos insaturações. Veja alguns exemplos de ácidos graxos:



DIFERENÇA ENTRE ÓLEOS E GORDURAS

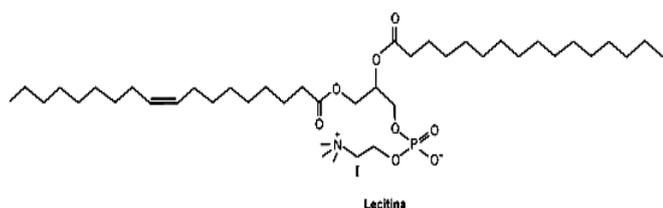
Os óleos e gorduras são formados por triglicéridos que se originam da glicerina e dos ácidos graxos. Os óleos são líquidos e as gorduras, sólidas. Nos óleos os ácidos graxos de origem possuem cadeias carbônicas saturadas ligadas à carboxila, enquanto nas gorduras, as cadeias carbônicas contêm, pelo menos, uma insaturação.

Observe os exemplos abaixo dos triglicéridos:



• Fosfolípidios ou fosfoglicerídeos

São substâncias constituintes da estrutura das membranas celulares. A lecitina, presente na gema de ovo e grãos de soja e girassol, é um exemplo de fosfolípido.



Observe que a molécula do fosfolípido possui uma fração apolar representada pelas longas cadeias carbônicas e partes polares, com destaque para o grupo orgânico fosfato.

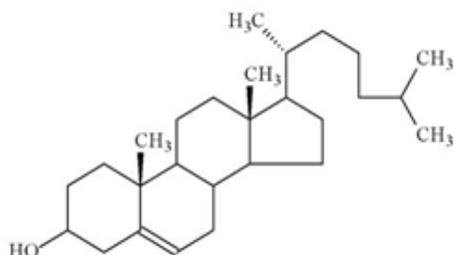
• Esteroides ou esterídeos

Possuem quatro anéis e estrutura química contendo um ciclopentano-fenantreno e um núcleo cíclico. São amplamente distribuídos nos organismos vivos e incluem hormônios sexuais, vitamina D, colesterol, entre outros.

A fórmula estrutural abaixo representa a estrutura simplificada de um esteroide:

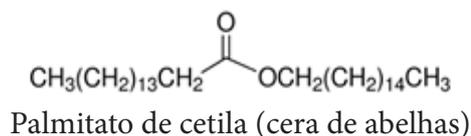


O colesterol é um exemplo de esteroide utilizado na produção de membranas celulares e de hormônios. Sua fórmula estrutural é representada a seguir:



• Cerídeos ou ceras

São ésteres de ácidos graxos e álcoois com elevado número de átomos de carbono. São exemplos de cerídeos: as ceras (de ouvido, que protegem o aparelho auricular de doenças e microorganismos) e o favo das abelhas. Isso também classifica essa classe de lipídios como aliados contra a desidratação e a favor da impermeabilização e proteção. Veja o exemplo de cerídeo, o palmitato de cetila que constitui a cera de abelhas.



ÁCIDOS NUCLEICOS

São substâncias ácidas presentes no núcleo das células e que participam do armazenamento, da transmissão e do processamento das informações genéticas de uma célula. Existem dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA).

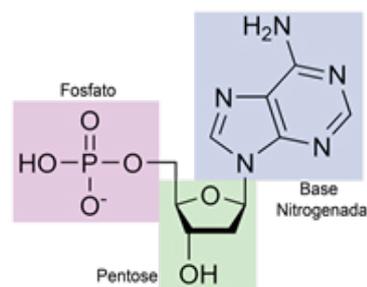
Os ácidos nucleicos são polímeros de nucleotídeos e, por isso, são denominados polinucleotídeos. São constituídos por subunidades de nucleotídeos unidas através de ligações fosfodiéster.

NUCLEOTÍDEOS

Os nucleotídeos são monômeros dos ácidos nucleicos. São formados por:

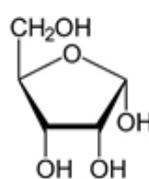
- um carboidrato do grupo das pentoses.
- um radical fosfato.
- composto aromático heterocíclico (base nitrogenada).

A figura abaixo representa a estrutura geral de um nucleotídeo:

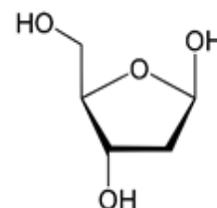


PENTOSAS

A pentose que constitui o RNA é a ribose e a desoxirribose constitui o DNA. Observe suas estruturas:



Ribose

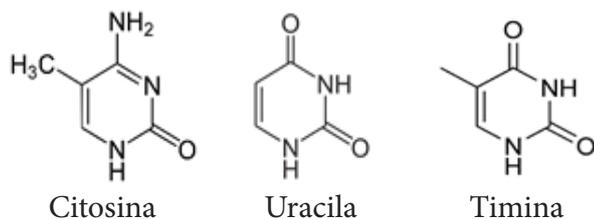


Desoxirribose

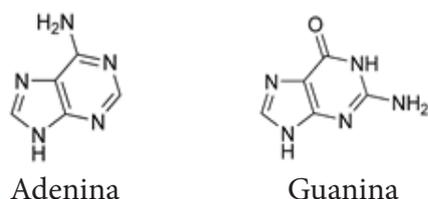
BASES NITROGENADAS

São compostos aromáticos heterocíclicos chamados bases pirimídicas, quando as moléculas possuem apenas um anel aromático heterocíclico, e bases púricas com dois anéis aromáticos heterocíclicos.

As bases pirimídicas são a citosina (RNA e DNA), uracila (RNA) e timina (DNA):

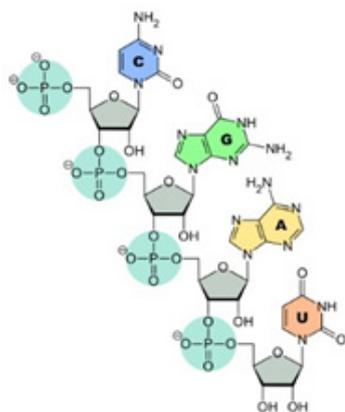


As bases púricas são a adenina e guanina:



ÁCIDO RIBONUCLEICO (RNA)

O RNA é formado por ribonucleotídeos, isto é, nucleotídeos constituídos pelo grupo fosfato, pela ribose e uma base nitrogenada, que pode ser adenina, guanina, citosina ou uracila. Cada ribonucleotídeo é ligado entre si por ligações fosfodiéster, formando uma fita simples. Observe a representação da estrutura do RNA:



O RNA é o ácido nucleico relacionado com a síntese de proteínas.

São três os tipos de RNA:

- RNA mensageiro: transporta a informação contida no DNA para o local de síntese proteica (ribossomos).

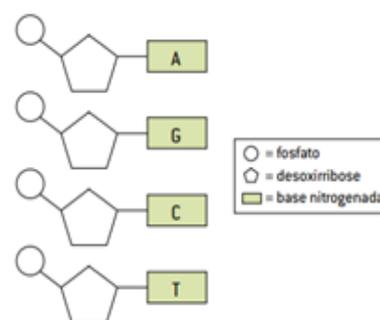
- RNA transportador: transfere os aminoácidos para o local da síntese proteica (ribossomos).
- RNA ribossômico: constitui a estrutura dos ribossomos.

ÁCIDO DESOXIRRIBONUCLEICO (DNA)

O DNA é um tipo ácido nucleico extremamente importante para os seres vivos e que possui as funções de armazenar e transmitir as informações genéticas. O ácido desoxirribonucleico, portanto, é fundamental para a síntese de proteínas, uma vez que contém as informações que comandam a síntese de RNA.

A estrutura primária do DNA é formada por macromoléculas helicoidais resultantes da união de nucleotídeos ligados por ligações covalentes.

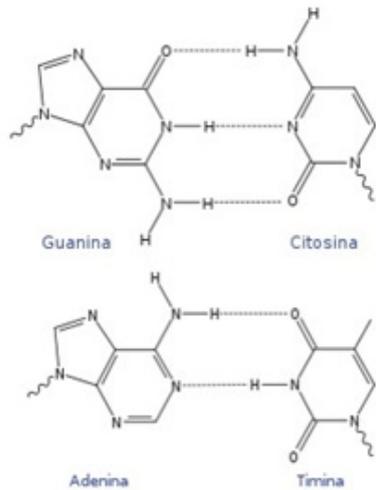
A figura abaixo representa as diversas possibilidades de formação dos nucleotídeos presentes no DNA.



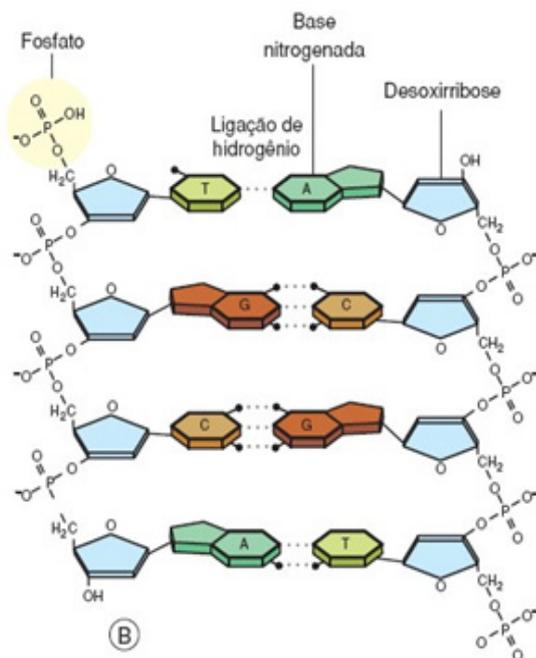
A estrutura secundária do DNA consiste no arranjo de dupla hélice com formação de ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas presentes as duas cadeias poliméricas, como mostra a figura abaixo.



As fitas de DNA interagem por meio de ligações de hidrogênio entre guanina de uma molécula com a citosina de outra cadeia polimérica e, adenina de uma molécula com timina de outra molécula. A figura abaixo representa a formação de ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas do DNA:



Podemos representar o DNA, de forma simplificada, da seguinte maneira:



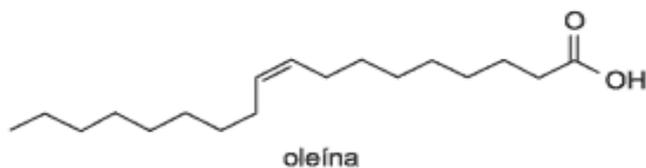


QUESTÕES DE REVISÃO



1. (UEA - 2014)

O óleo da amêndoa da andiroba, árvore de grande porte encontrada na região da Floresta Amazônica, tem aplicações medicinais como antisséptico, cicatrizante e anti-inflamatório. Um dos principais constituintes desse óleo é a oleína, cuja estrutura química está representada a seguir.

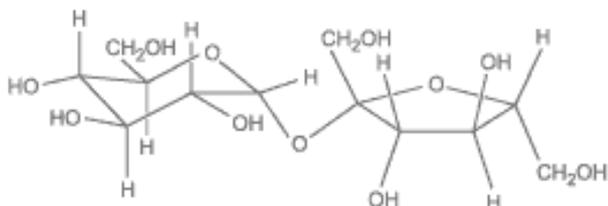


Na estrutura da oleína são encontrados grupos funcionais característicos da função orgânica:

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

2. (IBMEC-RJ - 2013)

A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$), também conhecida como açúcar de mesa, é um tipo de glicídio formado por uma molécula de glicose e uma de uma frutose produzida pela planta ao realizar o processo de fotossíntese.



De acordo com a sua fórmula estrutural, indique as funções na molécula de sacarose:

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

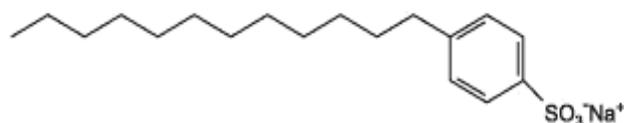
3. (UFG - 2013)

Os aminoácidos são substâncias de caráter anfótero devido à presença de grupos $-NH_2$ e $-COOH$. Quando dois aminoácidos reagem entre si, ocorre a formação de um dipeptídeo com eliminação de água. Desse modo, o grupo funcional presente na ligação peptídica é:

- A) um fenol.
- B) uma amida.
- C) um éster.
- D) uma amina.
- E) um ácido carboxílico.

4. (UNIOESTE - 2012)

Um dos grandes problemas de poluição mundial é o descarte de detergentes não biodegradáveis nos rios, lagos e mananciais. Os detergentes não biodegradáveis formam densas espumas que impedem a entrada de gás oxigênio na água e com isso afeta a vida das espécies aeróbicas aquáticas. Para resolver ou amenizar este problema surgiu o detergente biodegradável, a qual sua estrutura pode ser observada abaixo:



Com relação aos detergentes biodegradáveis, pode-se afirmar que

- A) sua cadeia carbônica saturada apresenta somente uma ramificação.
- B) sua estrutura apresenta uma porção polar e uma apolar.
- C) o anel aromático é monossustituído.
- D) a parte apolar apresenta uma cadeia insaturada.
- E) a porção sulfônica apresenta ligação metálica.

5. (FATEC)

Uma forma de evitar a poluição ambiental causada pelo descarte de óleo de cozinha usado é reaproveitá-lo para produzir sabões, que são sais de ácidos carboxílicos. Para tanto, faz-se reagir o óleo com solução aquosa fortemente alcalina de NaOH e/ou KOH. Nessa reação, conhecida como reação de saponificação, forma-se também um outro produto que é o

- A) sal de cozinha.
- B) gás natural.
- C) glicerol.
- D) etanol.
- E) formol.

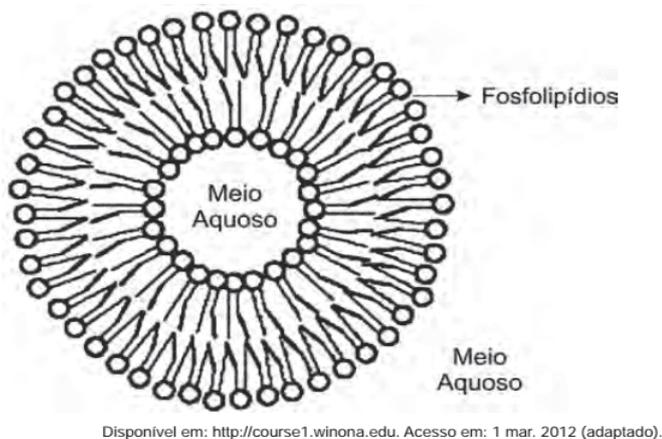


QUESTÕES DE REVISÃO



6. (ENEM 2012)

Quando colocados em água, os fosfolípidos tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.

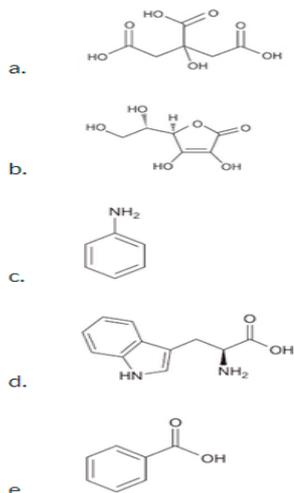


Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolípidios apresentarem uma natureza

- A) polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- B) apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa
- C) anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- D) insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- E) anfífila, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

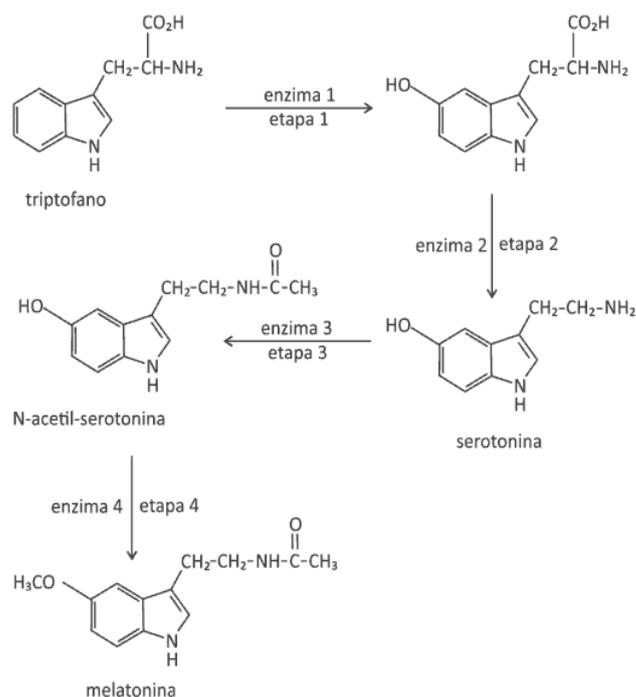
7. (MACKENZIE - 2013)

Das substâncias orgânicas apresentadas abaixo, assinale a alternativa que representa uma molécula de caráter anfótero.



8. (FUVEST - 2018)

O hormônio melatonina é responsável pela sensação de sonolência. Em nosso organismo, a concentração de melatonina começa a aumentar ao anoitecer, atinge o máximo no meio da noite e decresce com a luz do dia. A melatonina é sintetizada a partir do aminoácido triptofano, em quatro etapas catalisadas por diferentes enzimas, sendo que a enzima 3 é degradada em presença de luz.



Considere as seguintes afirmações a respeito desse processo:

- I. Na etapa 2, há perda de dióxido de carbono e, na etapa 3, a serotonina é transformada em uma amida.
- II. A manipulação de objetos que emitem luz, como celulares e tablets, pode interromper ou tornar muito lento o processo de transformação da serotonina em N → -acetil → serotonina.
- III. O aumento da concentração de triptofano na corrente sanguínea pode fazer com que a pessoa adormeça mais lentamente ao anoitecer.

É correto o que se afirma em

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

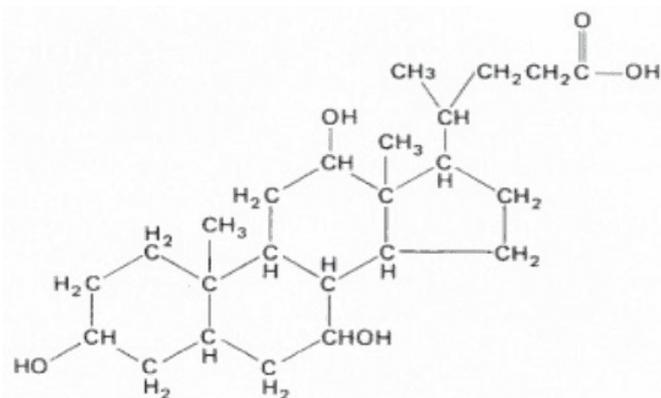


QUESTÕES DE REVISÃO



9. (ENEM - 2011)

A bile é produzida pelo fígado, armazenada na vesícula biliar e tem papel fundamental na digestão de lipídeos. Os sais biliares são esteroides sintetizados no fígado a partir do colesterol, e sua rota de síntese envolve várias etapas. Partindo do ácido cólico representado na figura, ocorre a formação dos ácidos glicocólico e taurocólico; o prefixo glico- significa a presença de um resíduo do aminoácido glicina e o prefixo tauro-, do aminoácido taurina.



ácido cólico

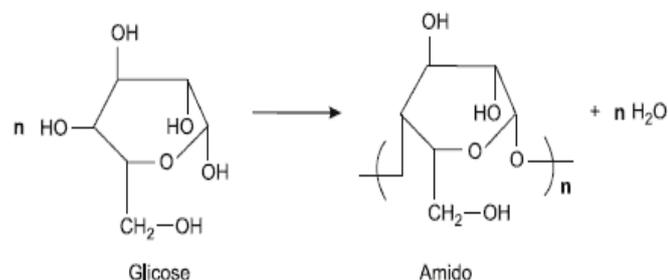
UCKO, D. A. *Química para as Ciências da Saúde: uma Introdução à Química Geral, Orgânica e Biológica*. São Paulo: Manole, 1992 (adaptado).

A combinação entre o ácido cólico e a glicina ou taurina origina a função amida, formada pela reação entre o grupo amina desses aminoácidos e o grupo

- A) carboxila do ácido cólico.
- B) aldeído do ácido cólico.
- C) hidroxila do ácido cólico.
- D) cetona do ácido cólico.
- E) éster do ácido cólico.

10. (UFTM - 2011)

O amido é uma macromolécula formada a partir da interação de moléculas de glicose e funciona como reserva de energia nos vegetais, principalmente nas raízes. Quando o amido é ingerido pelo homem, sofre ação da enzima amilase, presente na saliva, e é convertido em glicose e carboidratos menores.

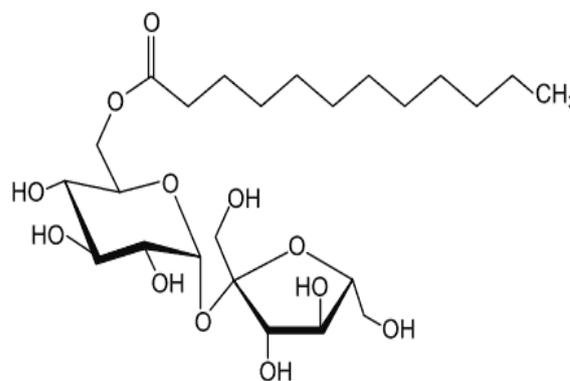


A reação da produção do amido a partir da glicose é classificada como de polimerização por ___I___ e aquela que ocorre pela ação da enzima amilase é denominada reação de ___II___. Assinale a alternativa que preenche respectivamente as lacunas I e II.

- A) condensação e hidrólise.
- B) condensação e hidrogenação.
- C) condensação e oxidação.
- D) adição e hidrogenação.
- E) adição e hidrólise.

11. (UNESP - 2015)

Os protetores solares são formulações que contêm dois componentes básicos: os ingredientes ativos (filtros solares) e os veículos. Dentre os veículos, os cremes e as loções emulsionadas são os mais utilizados, por associarem alta proteção à facilidade de espalhamento sobre a pele. Uma emulsão pode ser obtida a partir da mistura entre óleo e água, por meio da ação de um agente emulsionante. O laurato de sacarose (6-O-laurato de sacarose), por exemplo, é um agente emulsionante utilizado no preparo de emulsões.



laurato de sacarose

(Maurício Boscolo. "Sucroquímica". *Quím. Nova*, 2003. Adaptado.)

A ação emulsionante do laurato de sacarose deve-se à presença de

- A) grupos hidroxila que fazem ligações de hidrogênio com as moléculas de água.
- B) uma longa cadeia carbônica que o torna solúvel em óleo.
- C) uma longa cadeia carbônica que o torna solúvel em água.
- D) grupos hidrofílicos e lipofílicos que o tornam solúvel nas fases aquosa e oleosa.
- E) grupos hidrofóbicos e lipofóbicos que o tornam solúvel nas fases aquosa e oleosa.



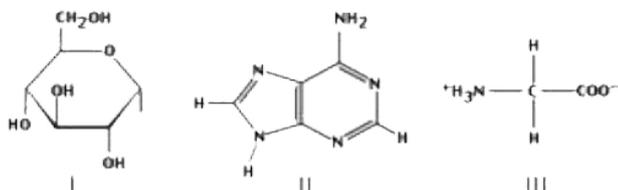
QUESTÕES DE REVISÃO



12. (UFV)

Abaixo estão esquematizadas as fórmulas (I, II e III) de três biomoléculas.

Com relação a essas moléculas e o papel que desempenham como constituintes no metabolismo celular, assinale a afirmativa que apresenta dois conceitos INCORRETOS:



- A) I representa uma glicose e II forma a estrutura das proteínas.
- B) II é um aminoácido e III participa da cadeia da hemoglobina.
- C) III atua como um polímero e II são anéis da cadeia do amido.
- D) I e III participam de glicoproteínas e II da molécula de DNA.

13. (UEM - 2015)

A respeito de gorduras, óleos vegetais, biodiesel, ácidos graxos e sabões, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01) As gorduras trans são produzidas a partir de um processo de oxidação catalítica.
- 02) Sabões podem ser produzidos a partir de uma reação ácido-base entre uma base forte e um ácido graxo.
- 04) As gorduras de origem animal são constituídas essencialmente de ácidos graxos saturados, e os óleos vegetais apresentam cadeias saturadas, monoinsaturadas e poli-insaturadas.
- 08) Óleos vegetais poli-insaturados são sólidos e a partir do processo de hidrogenação se tornam líquidos, em temperatura ambiente.
- 16) A partir de uma reação de transesterificação é possível produzir biodiesel. Para isso, reage-se um óleo vegetal na presença de um álcool de cadeia curta e de um catalisador.

A soma das opções verdadeiras com relação as descrições que relatam esse episódio está no Item:

- A) 7
- B) 22
- C) 14
- D) 18
- E) 26

14. (ENEM - 2014)

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.; MÔL, 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) CH_3CH_2COONa
- C) $C_{17}H_{33}COONa$
- D) $CH_3CH_2CH_2COOH$
- E) $CH_3CH_2CH_2CH_2OCH_2CH_2CH_2CH_3$

15. (UNIRIO-RJ - 2007)

Os lipídios são tipos de biomoléculas que se encontram distribuídos em todos os tecidos, principalmente nas membranas celulares e nas células de gordura. Embora não apresentem nenhuma característica estrutural comum, os lipídios possuem poucos heteroátomos. Isto faz com que estes sejam pobres em dipolos, daí a razão para serem fracamente solúveis em água.

Esse fenômeno ocorre devido ao fato de que as moléculas dos lipídios:

- A) apresentam uma polaridade muito alta.
- B) apresentam uma polaridade semelhante à da água.
- C) apresentam uma polaridade muito baixa e, em certos casos, igual a zero.
- D) são moléculas de baixo peso molecular, sendo impossível se dissolver em solventes de baixo peso molecular.
- E) apresentam momento dipolar negativo, enquanto o momento dipolar da água é igual a zero.

16. (UFRGS)

Um composto alimentar rico em triglicerídios saturados é:

- A) a gordura animal.
- B) o óleo vegetal.
- C) a gelatina.
- D) a proteína de soja.
- E) o doce de abóbora em calda.