

CURSO INTENSIVO 2022

ITA - 2022

Química

Prof. Thiago





Sumário

APRESENTAÇÃO DA AULA	4
INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA NAS PROVAS DO ITA	4
1. O ÁTOMO DE CARBONO	4
1.1. Teoria da Força Vital	4
1.2. Hibridização	5
1.3. Representação das Cadeias Carbônicas	7
1.4. Classificação das Cadeias Carbônicas	7
1.4.1. Quanto à Presença de Ciclos	7
1.4.2. Quanto à Presença de Ramificações	8
1.4.3. Quanto à Presença de Insaturações	8
1.5. Séries Orgânicas	8
2. NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	9
2.1. Cadeia Principal	10
2.2. Radicais	11
2.2.1. Radicais Alquila Monovalentes	11
2.2.2. Radicais Insaturados Monovalentes	12
2.2.3. Radicais Aromáticos Monovalentes	13
2.2.4. Radicais Bivalentes	13
2.2.5. Radicais Oxigenados	13
2.3. Funções Orgânicas	16
2.3.1. Hidrocarbonetos	16
2.3.2. Funções Oxigenadas	18
2.3.3. Funções Nitrogenadas	21
3. ISOMERIA CONSTITUCIONAL	22
3.1. Isomeria de Função	22
3.1.1. Deficiências de Hidrogênio	23
3.2. Isomeria de Cadeia	23
3.3. Isomeria de Posição	23
3.4. Isomeria de Compensação (Metameria)	24
3.5. Tautomeria	24
4. ISOMERIA ESPACIAL	25



4.1. Confôrmeros	25
4.2. Isomeria Geométrica	26
4.2.1. Nomenclatura de Isômeros Geométricos	27
4.2.2. Isomeria Geométrica em Ciclos	28
5. ISOMERIA ÓPTICA	28
5.1. Conceitos sobre a Direção de Propagação da Luz	28
5.2. História da Isomeria Óptica	30
5.3. Condições para a Atividade Óptica	30
5.4. Carbonos Quirais	31
5.4.1. Propriedades Físicas dos Enantiômeros	31
5.4.2. Nomenclatura de Isômeros Ópticos	32
5.4.3. Efeito das Trocas de Posição entre Grupos Ligantes	33
5.4.4. Moléculas com Carbonos Quirais Diferentes	33
5.4.5. Moléculas com Carbonos Quirais Iguais	36
5.4.6. Projeção de Fischer	36
5.4.7. Isomeria Óptica em Ciclos	37
5.5. Racemização	38
5.6. Métodos de Separação de Misturas Racêmicas	38
5.6.1. Método Mecânico	39
5.6.2. Método Biológico	39
5.6.3. Método Químico	39
6. LISTA DE QUESTÕES PROPOSTAS	40
6.1. Gabarito	48
7. LISTA DE QUESTÕES COMENTADAS	49

Apresentação da Aula

Nessa aula, vamos dar os nossos primeiros passos no estudo da Química Orgânica.

Introdução à Química Orgânica nas Provas do ITA

O seu grande foco nesse material deve ser aprender Isomeria, que é um dos assuntos mais frequentemente cobrados nas provas do ITA. São questões normalmente simples, mas que requerem muita habilidade com as regras e os tipos de isomeria.

1. O Átomo de Carbono

A Química Orgânica estuda os compostos do carbono. Vale ressaltar que existem alguns compostos que, embora apresentem o átomo de carbono, não são considerados orgânicos. Entre eles:

- o ácido cianídrico (HCN) e seus cianetos, como o cianeto de sódio (NaCN);
- o ácido carbônico (H_2CO_3) e seus sais, que são bicarbonatos, como o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e os carbonatos, como o de cálcio (CaCO_3);
- os óxidos do carbono (CO e CO_2);
- os carbetos (CaC_2 , Ag_2C_2 , entre outros);
- as variedades alotrópicas (grafite, diamante e fulerenos).

Como as ligações C – C são mais fortes que outras ligações simples, o carbono tem a facilidade de formar **cadeias carbônicas**, que são um conjunto de ligações carbono-carbono seguidas. Essas cadeias geralmente são acompanhadas por ligações C – H, que é também bastante energética.

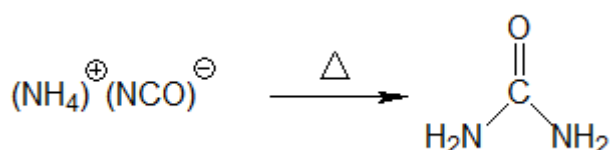
Essas cadeias podem ser curtas, desde um único átomo, como no caso do metano (CH_4), até milhares de átomos de carbono em sequência.

1.1. Teoria da Força Vital

A fim de explicar esses fatos, o proeminente químico sueco Jöns Jakob Berzelius propôs em 1808 a Teoria da Força Vital, também chamada de Vitalismo Bioquímico, que preconizava que **somente os seres vivos** seriam capazes de sintetizar as substâncias orgânicas.

Essa teoria foi bem aceita na época, porém, constituía um verdadeiro entrave ao desenvolvimento da Química Orgânica, porque era um forte desestímulo a que fosse feita qualquer pesquisa sobre sínteses de novos produtos orgânicos.

Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882), aluno de Berzelius, foi o primeiro a conseguir sintetizar uma substância orgânica a partir de substâncias inorgânicas.



Wöhler conseguiu produzir a uréia – substância orgânica presente em excretas de diversos seres vivos – a partir do aquecimento de uma amostra de isocianato de amônio – um sal inorgânico.

1.2. Hibridização

Pela sua configuração eletrônica, no estado fundamental, o carbono seria capaz de formar apenas duas ligações covalentes. No entanto, na imensa maioria dos seus compostos, ele forma quatro ligações. A explicação para isso é que podemos considerar o seguinte estado excitado.

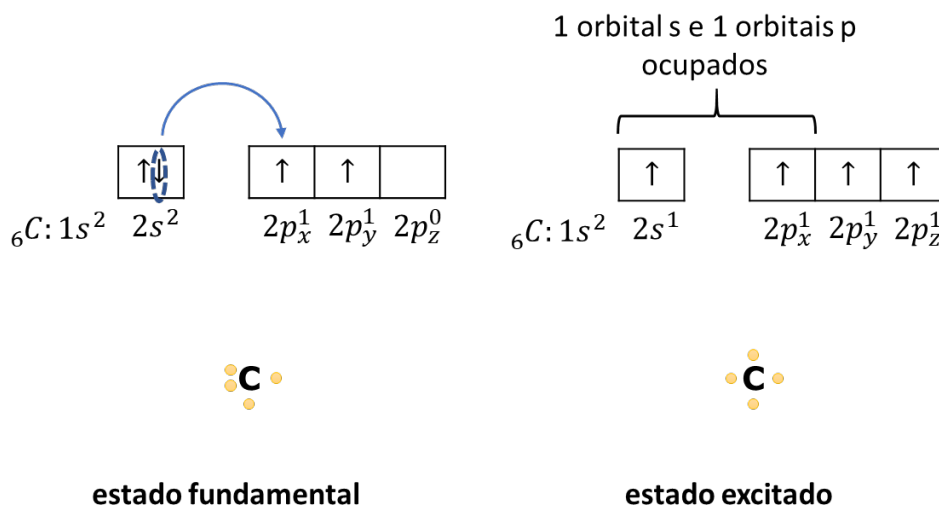


Figura 1: Estado Excitado do Carbono

Porém, o estado excitado apontado na Figura 3 ainda não é a melhor descrição do átomo de carbono na molécula CH_4 . Ele sugere que uma das ligações no metano seria formada pelo orbital $2s$ do carbono, enquanto que as outras seriam formadas pelo orbitais $2p$.

Como o orbital $2p$ é diferente do orbital $2s$, o fato de uma das ligações ser σ_{s-s} faria que uma das ligações do metano fosse diferente das demais. Isso resultaria em uma ligação com energia e comprimento diferentes das demais.

Porém, com o auxílio de espectrometria, é possível mostrar que **todas as ligações do metano são iguais**. Todas possuem o mesmo comprimento (108,4 pm) e a mesma energia de ligação.

Isso acontece, porque o orbital $2s$ e os três orbitais $2p$ dão lugar a 4 orbitais híbridos com caráter intermediário entre s e p .

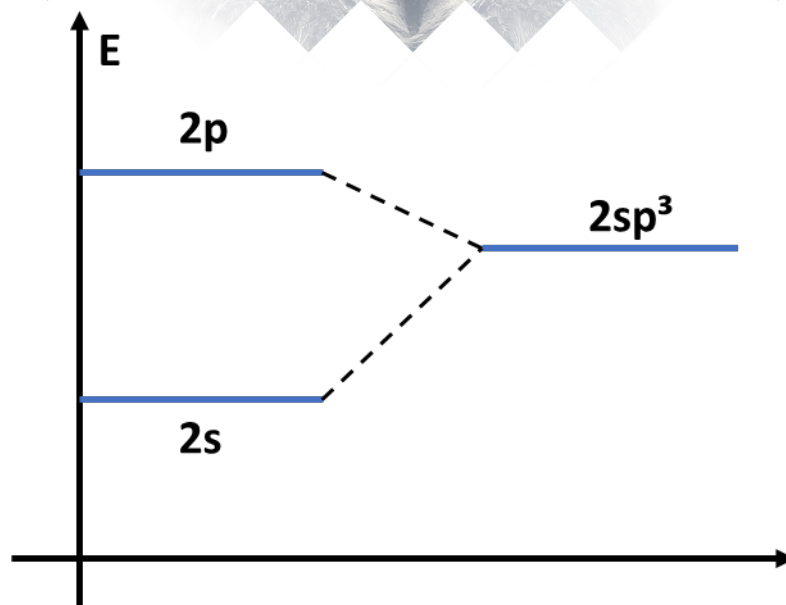


Figura 2: Energia dos Orbitais sp^3 em comparação com os orbitais $2s$ e $2p$

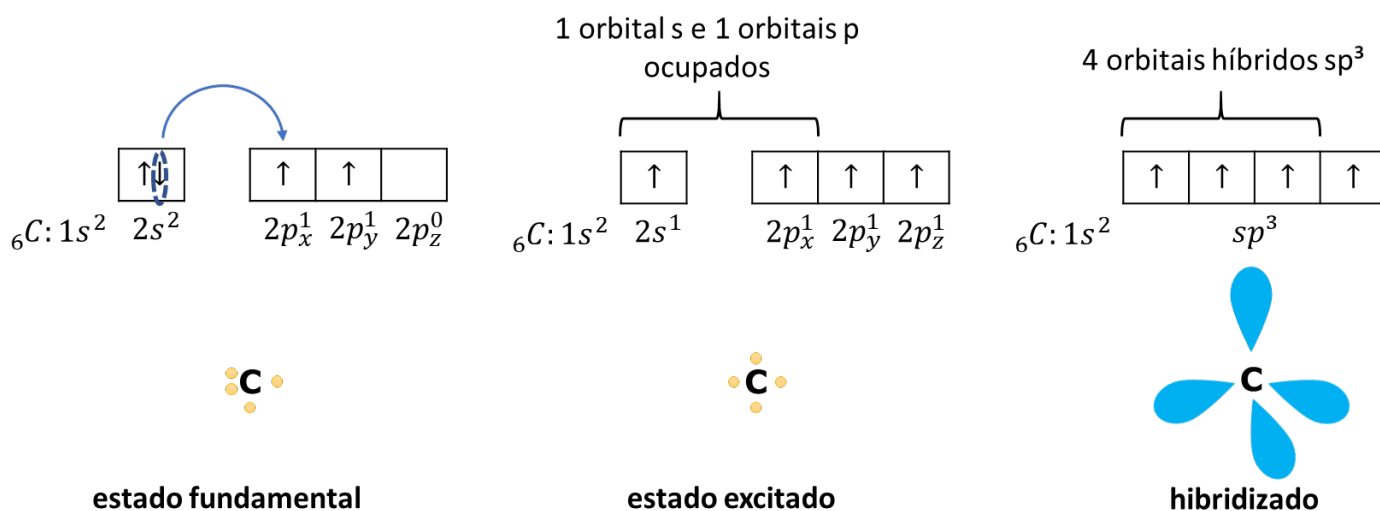
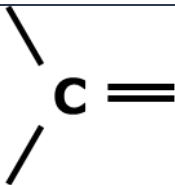




Figura 3: Hibridização do Carbono

É importante relembrar que, como visto em Ligação Covalente, os orbitais que formam ligações π não são **híbridos**. Por isso, o número de orbitais híbridos do carbono depende do número de ligações sigma que ele realiza.

Tabela 1: Hibridizações do Carbono

Formato	Número de Ligações Sigma	Hibridização	Geometria	Ângulo de Ligação
	4	sp^3	Tetraédrica	$109,5^\circ$

Formato	Número de Ligações Sigma	Hibridização	Geometria	Ângulo de Ligação
	3	sp ²	Trigonal	120°
	2	sp	Linear	180°
	2	sp	Linear	180°

1.3. Representação das Cadeias Carbônicas

Uma representação mais comum das cadeias carbônicas é por meio de uma linha poligonal em que cada átomo de carbono representa um vértice e os hidrogênios são omitidos.

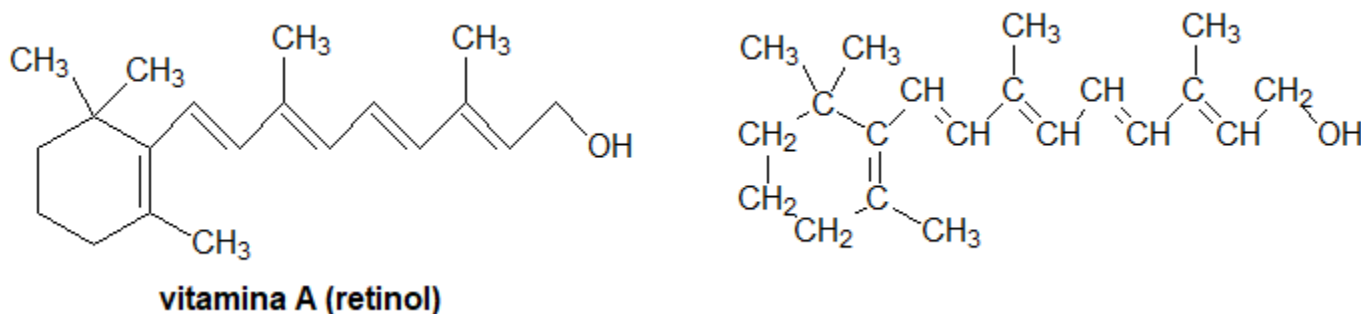


Figura 4: Representação Usual de Cadeia Carbônica

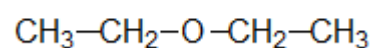
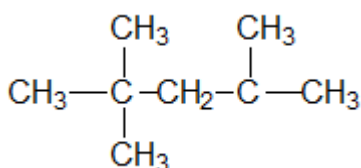
1.4. Classificação das Cadeias Carbônicas

É importante você conhecer as principais classificações.

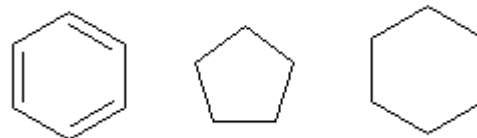
1.4.1. Quanto à Presença de Ciclos

As cadeias carbônicas são classificadas em:

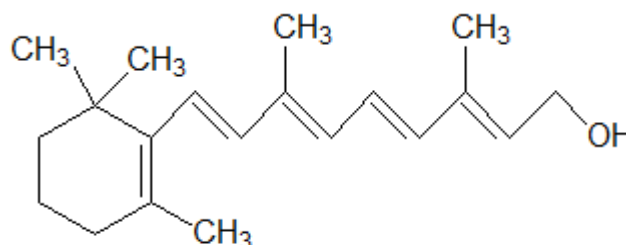
- **Abertas ou Acíclicas:** em uma cadeia aberta, seguindo a sequência de átomos de carbono em qualquer direção, sempre encontraremos um carbono de extremidade, ou seja, um carbono primário.



- **Fechadas ou Cíclicas:** em uma cadeia fechada,



- **Mistas:** quando possuem trechos cíclicos e trechos acíclicos. Vale ressaltar que muitos autores chamam simplesmente essas cadeias de *cíclicas*. Podemos citar a vitamina C como um caso.

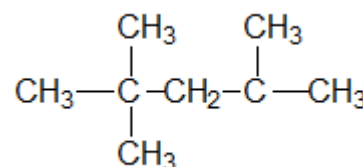
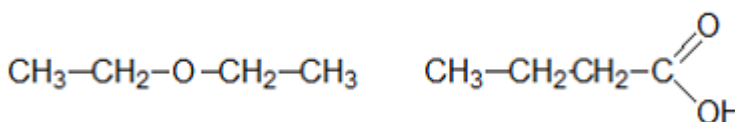


vitamina A (retinol)

1.4.2. Quanto à Presença de Ramificações

Uma cadeia é **normal** ou **linear** quando é formada apenas por átomos de carbonos primário e secundário. Nesse caso, a sequência de átomos de carbono pode ser disposta em uma linha reta, e a cadeia só apresenta duas extremidades.

Por outro lado, uma cadeia é **ramificada** quando apresenta átomos de carbono terciários ou quaternários. Nesse caso, ela apresentará mais de duas extremidades. É o caso do isooctano.

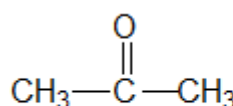


1.4.3. Quanto à Presença de Insaturações

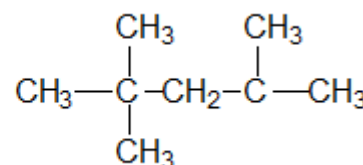
Uma cadeia é saturada quando não possui ligações pi, portanto, todas as ligações são simples.

Uma confusão comum acontece quando a insaturação está na ramificação, como no caso da propanona. No caso da propanona, a ligação dupla está fora da cadeia. A cadeia somente seria saturada, se houvesse ligação dupla entre os carbonos.

A cadeia somente é dita insaturada quando existe ligação pi entre átomos de carbono da cadeia. É o caso da vitamina A.



propanona



1.5. Séries Orgânicas

São três tipos de séries de compostos as mais faladas:

- **Série Homóloga:** é o conjunto de ordenado compostos, pertencentes à mesma função, em que dois compostos consecutivos se diferenciam apenas pela quantidade de grupos $-CH_2-$.
- **Série Isóloga:** é o conjunto de compostos que possuem a mesma cadeia carbônica e pertencem à mesma função orgânica, em que dois compostos consecutivos se diferenciam por H_2 e pelo número de insaturações.

- **Série Heteróloga:** é o conjunto de compostos com o mesmo número de átomos de carbono, porém, pertencem a funções diferentes.

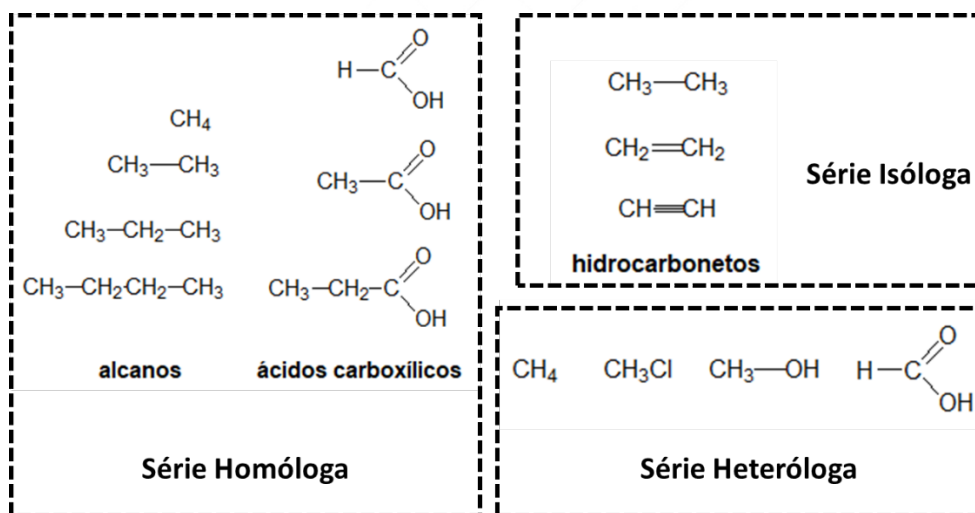


Figura 5: Exemplos de Séries Homóloga, Isóloga e Heteróloga

2. Nomenclatura de Compostos Orgânicos

Nesse Capítulo, vamos dar apenas ideias gerais de como funciona a nomenclatura de Compostos Orgânicos. O primeiro conceito que devemos aprender é o de **grupo funcional**.



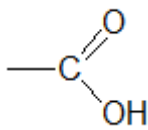
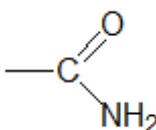
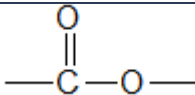
O grupo funcional é um pequeno trecho de molécula responsável pela maior parte de suas propriedades físicas e químicas.

De maneira geral, podemos entender o grupo funcional como o trecho da molécula que contém átomos diferentes de carbono e hidrogênio.

Vejamos alguns exemplos de grupos funcionais.

Tabela 2: Grupo Funcional

Grupo Funcional	Função	Sufixo	Grupo Funcional	Função	Sufixo
Nenhum	Hidrocarboneto	-o	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}- \end{array}$	Cetona	-ona
$-\text{OH}$	Álcool	-ol	$\begin{array}{c} -\text{N}- \\ \end{array}$	Amina	-amina

Grupo Funcional	Função	Sufixo	Grupo Funcional	Função	Sufixo
	Ácido Carboxílico	-óico		Amida	-amida
	Éster				

2.1. Cadeia Principal

A cadeia principal é a maior sequência de átomos de carbono que contém preferencialmente:

- O carbono do grupo funcional;
- As insaturações;
- Deixe de fora os radicais menos complexos possíveis.

Vejamos alguns exemplos.

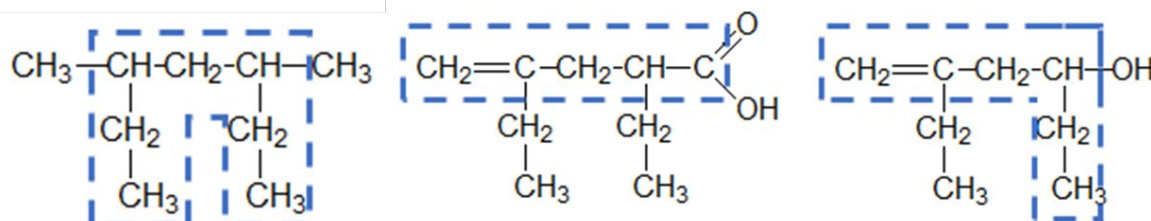


Figura 6: Exemplos de Cadeia Principal

A nomenclatura da cadeia principal, em regra, segue o esquema.

Prefixo	+	Infixo	+	Sufixo
Quantidade de carbonos		Presença de Insaturações		Grupo Funcional

O prefixo da cadeia principal diz respeito à quantidade de carbonos. Devem ser utilizados.

Tabela 3: Prefixos para a Nomenclatura da Cadeia Principal

Número de Carbonos	Prefixo	Número de Carbonos	Prefixo
1	Met	6	Hex
2	Et	7	Hept
3	Prop	8	Oct
4	But	9	Non
5	Pent	10	Dec

Quanto à presença de insaturações, devem ser utilizados os seguintes nomes.

Tabela 4: Infijos para a Nomenclatura de Cadeia Principal

Insaturação	Infixo
Saturada	- an -
Dupla	- en -
Tripla	- in -

Sempre que houver mais de uma possibilidade para localizar a insaturação na cadeia principal, é preciso colocar a numeração correspondente à posição exata ocupada por ela.

Vejamos alguns exemplos. Mas, atenção, não estamos dando os nomes dos compostos mostrados, mas somente da sua cadeia principal.

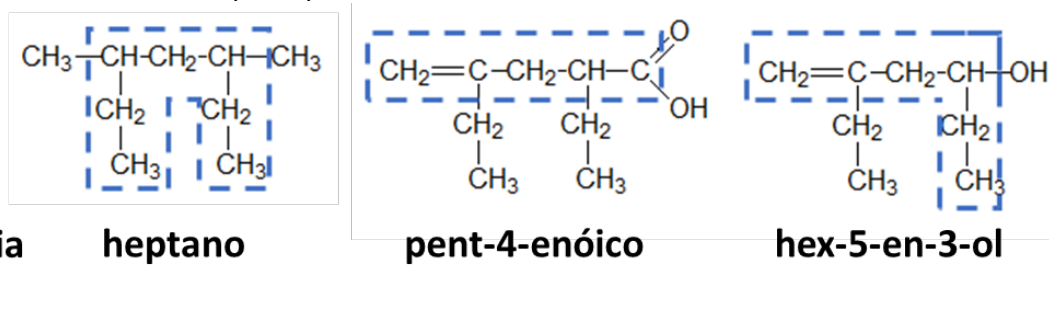


Figura 7: Exemplos de Nomenclatura da Cadeia Principal

2.2. Radicais

Os radicais são os trechos da molécula que estão fora da cadeia principal. Exemplos de radicais estão assinalados em vermelho na Figura 22.

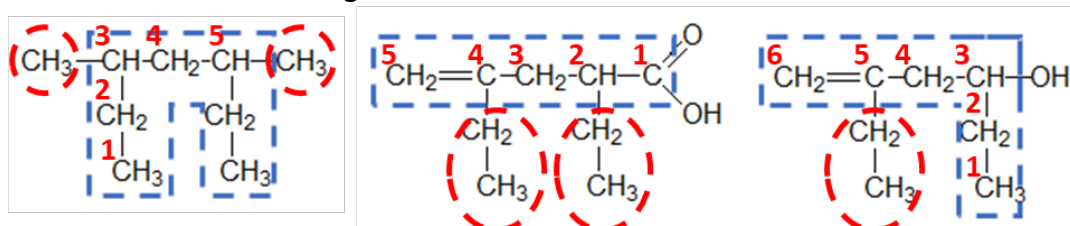


Figura 8: Exemplos de Radicais Orgânicos

2.2.1. Radicais Alquila Monovalentes

Esses são os radicais mais comuns de se encontrar.

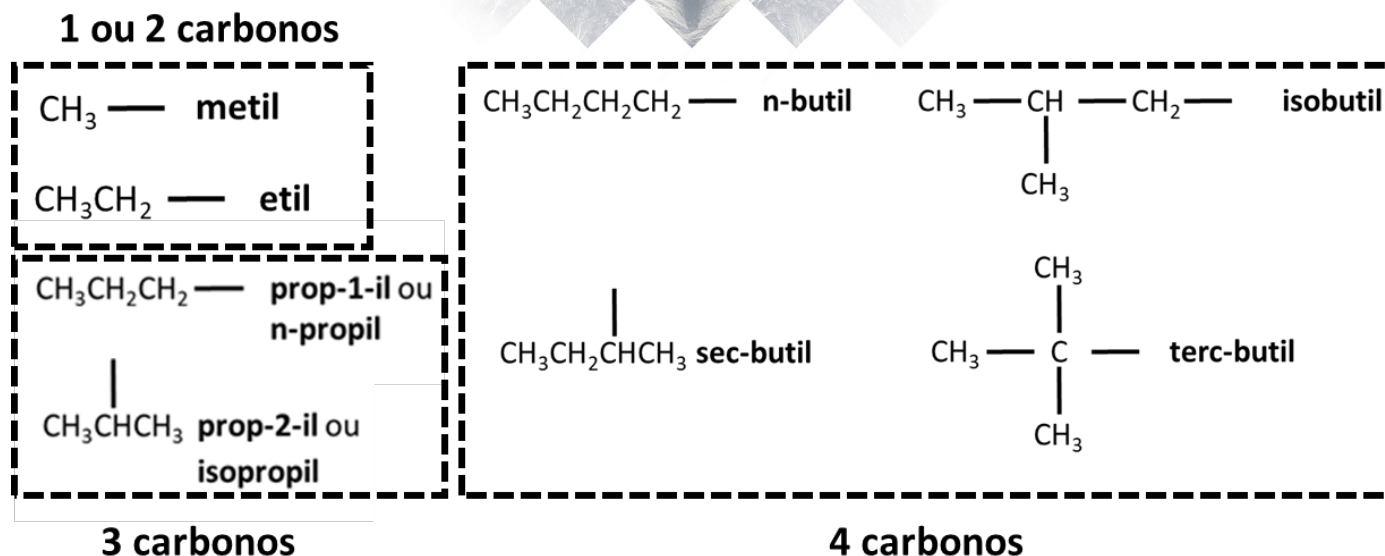


Figura 9: Principais Radicais Alquila

Agora que já conhecemos os radicais alquila, podemos dar nome aos compostos da Figura 8.

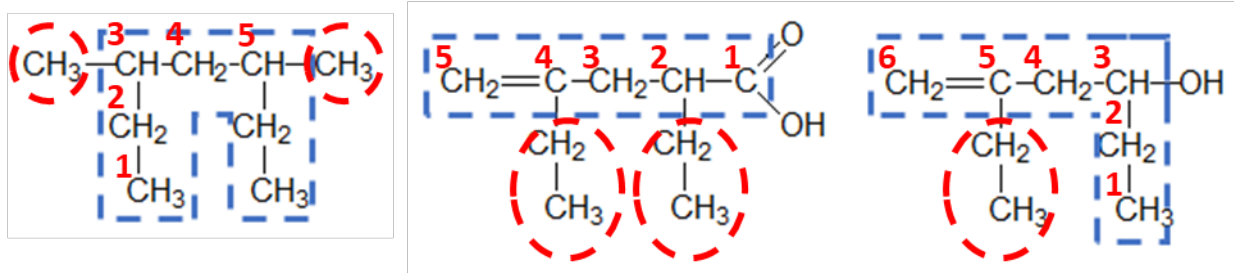


Figura 10: Exemplos de Nomenclatura de Compostos Ramificados

2.2.2. Radicais Insaturados Monovalentes

A nomenclatura IUPAC de radicais insaturados utiliza o infixo **-en-** quando possuem ligações duplas ou o infixo **-in-** quando possuem ligações triplas.

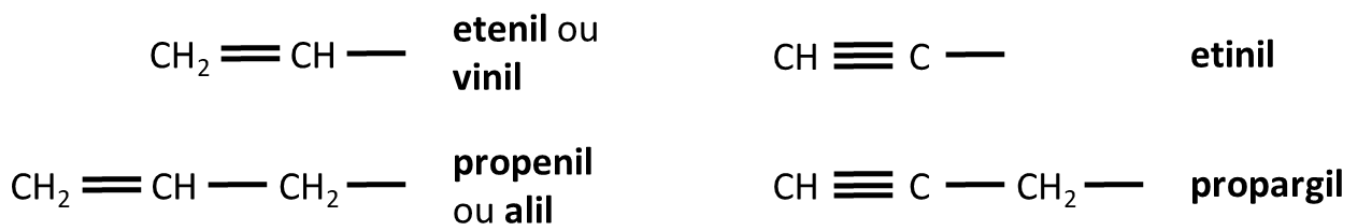


Figura 11: Radicais Insaturados Monovalentes

2.2.3. Radicais Aromáticos Monovalentes

Os radicais aromáticos são os derivados do benzeno (C_6H_6).

O radical mais importante derivado do benzeno é o **fenil** (C_6H_5-), que consiste em benzeno com uma valência livre. Tome cuidado para não confundir esse radical com o **benzil** ($\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$), que é um radical alquila, como mostrado na Figura 25.

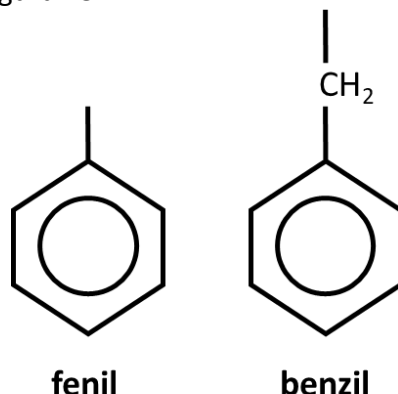


Figura 12: Radicais fenil e benzil

2.2.4. Radicais Bivalentes

São dois os sufixos que precisamos aprender para os radicais bivalentes.

- **-ilideno:** quando as duas valências estão no mesmo carbono.
- **-ileno:** quando as duas valências estão em carbonos diferentes;

Vale ressaltar que o metileno é uma exceção, pois, nesse caso, como só existe um átomo de carbono, não é possível que as duas valências estejam em carbonos diferentes. Como a nomenclatura “metilideno” seria mais complicada, prefere-se chamá-lo simplesmente de **metileno**.

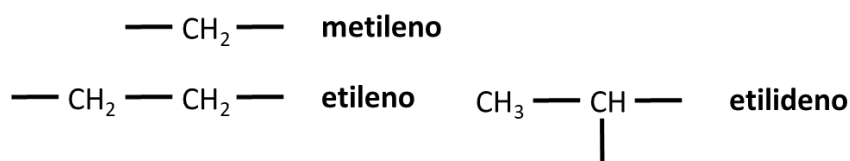
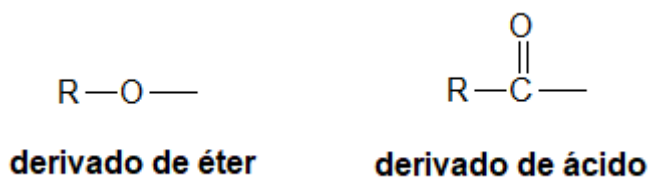


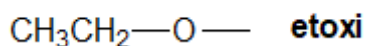
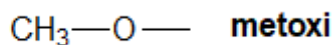
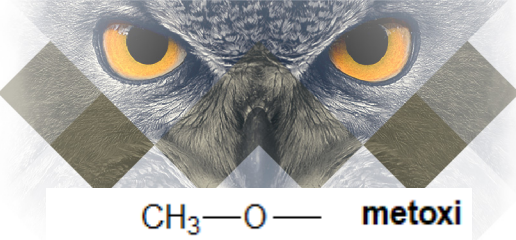
Figura 13: Radicais Bivalentes

2.2.5. Radicais Oxigenados

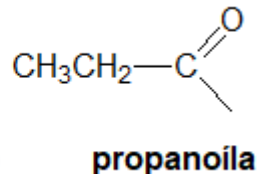
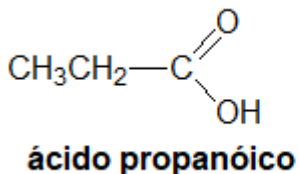
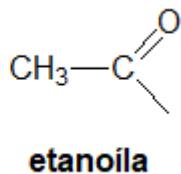
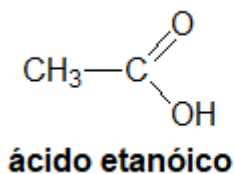
Os éteres e ácidos carboxílicos são funções oxigenadas muito importantes na Química Orgânica. Podemos empregar algumas denominações para os radicais deles derivados.



Os radicais derivados de **éter** são nomeados pelo sufixo **oxi-**. O infixo **-an-** é dispensável.



Os radicais derivados de **ácido** são nomeados pelo mesmo nome do ácido em que se troca a terminação **–ico** por **–ila**.

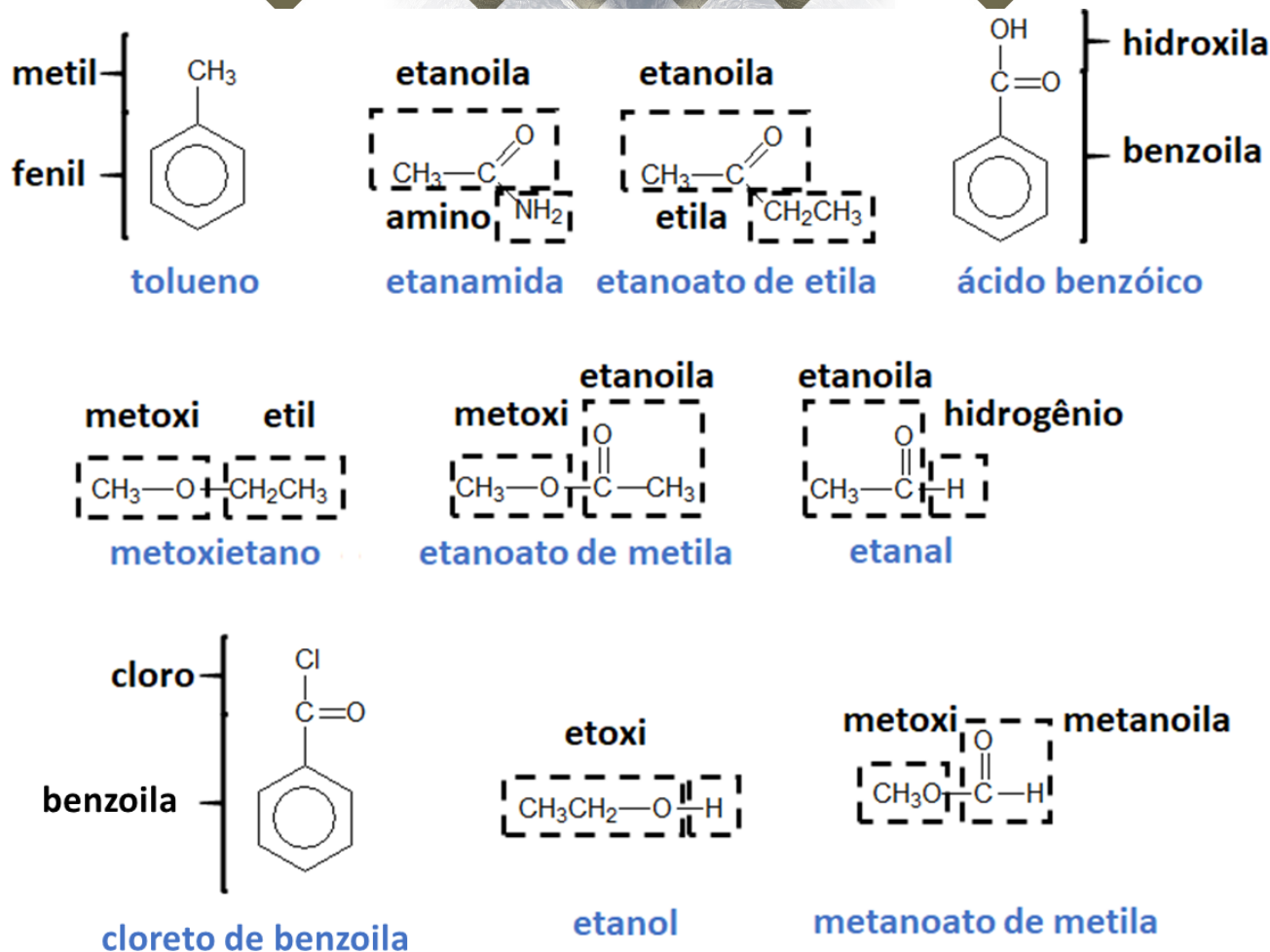


1. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

Os itens a seguir apresentam alguns radicais orgânicos. Determine a fórmula estrutural e o nome IUPAC dos compostos formados pela junção desses radicais.

- Fenil + metil
- Etanoila + amino
- Etanoila + etil
- Benzoila + hidroxila
- Metoxi + etil
- Metoxi + acetila
- Etanoila + hidrogênio
- Benzoila + cloro
- Etoxi + hidrogênio
- Metoxi + Metanoila

Comentários



Gabarito: discursiva

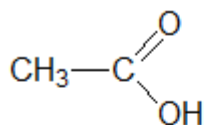
2. (Estratégia Militares – TFC - Inédita)

O ácido acético é um composto muito importante da Química Orgânica e dá origem a muitos outros compostos por meio de reações químicas. Determine a fórmula estrutural e dê o nome IUPAC dos compostos que podem ser obtidos a partir desse ácido pela substituição:

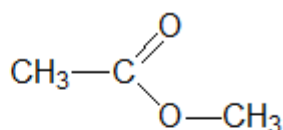
- Do hidrogênio ácido por metila.
- Do hidrogênio ácido por sódio.
- Do hidrogênio ácido por fenila.
- Da hidroxila por etil.
- Da hidroxila por metoxi.
- Da hidroxila por amino.
- Da hidroxila por hidrogênio.

Comentários

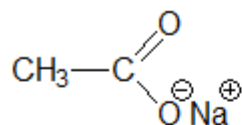
Ácido acético é o nome vulgar do ácido etanóico.



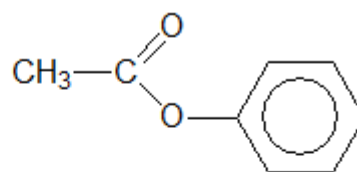
ácido etanóico



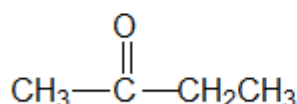
etanoato de metila



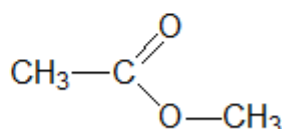
etanoato de sódio



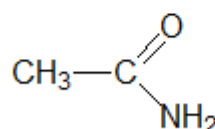
etanoato de fenila



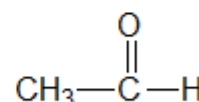
butanona



etanoato de metila



etanamida



etanal

Gabarito: discursiva

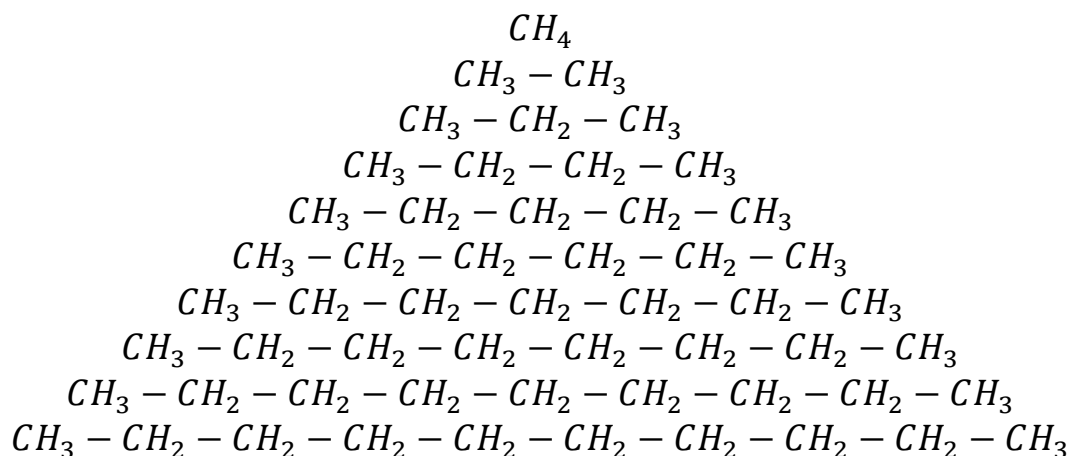
2.3. Funções Orgânicas

Agora, vamos fazer um breve estudo sobre as funções orgânicas. Nosso objetivo aqui é apenas apresentar as funções e ver as principais regras de nomenclatura.

2.3.1. Hidrocarbonetos

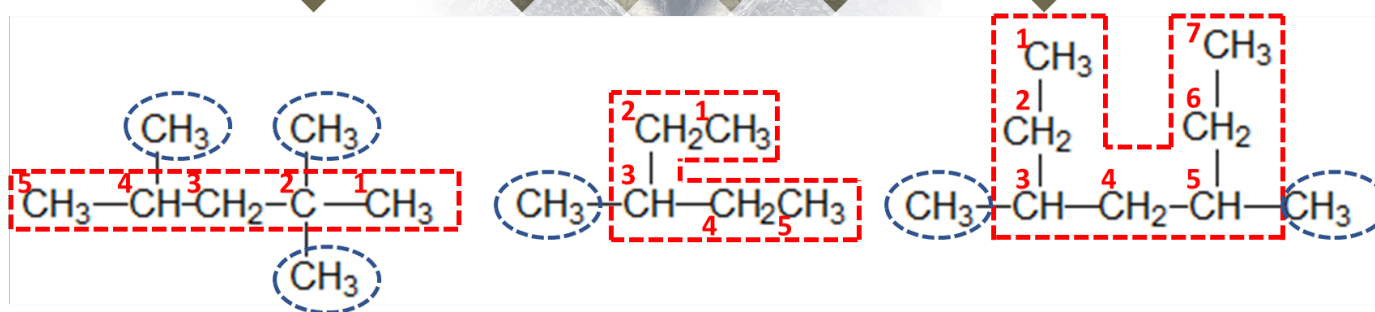
Os hidrocarbonetos são substâncias químicas que não possuem grupo funcional. São formados unicamente por átomos de carbono e hidrogênio.

- **Alcanos:** são os hidrocarbonetos mais simples. Eles se caracterizam por não terem nenhum tipo de insaturação (ligação pi) na sua cadeia. Todas as ligações são simples. A fórmula geral dos alcanos é $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.



Metano
Etano
Propano
Butano
Pentano
Hexano
Heptano
Octano
Nonano
Decano

Existem também alcanos de cadeia ramificada. Para isso, note que a cadeia principal deve ser selecionada adequadamente. Nem sempre a cadeia principal está disposta numa linha reta.



2,2,4-trimetil-pentano

3-metil-pentano

3,5-dimetil-heptano

Figura 14: Exemplos de Alcanos

- **Ciclanos:** são hidrocarbonetos saturados de cadeia cíclica. Cada ciclo diminui a quantidade de átomos de hidrogênio em duas unidades em relação ao alcano de cadeia aberta. A forma geral dos ciclanos é, portanto, C_nH_{2n} .

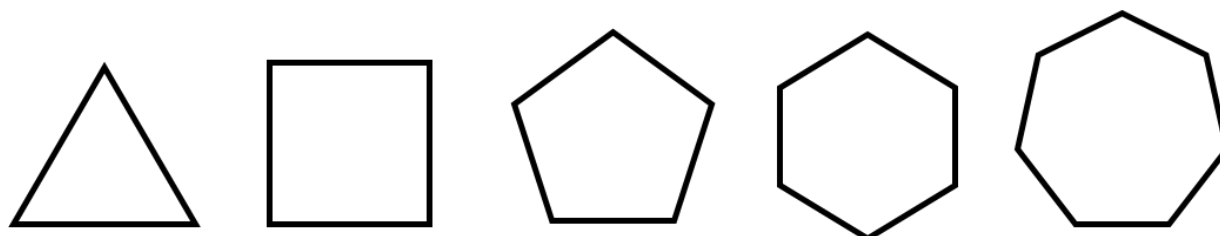
ciclopropano
(C_3H_6)ciclobutano
(C_4H_8)ciclopentano
(C_5H_{10})cicloexano
(C_6H_{12})cicloheptano
(C_7H_{14})

Figura 15: Exemplos de Ciclanos

- **Alcenos:** os alcenos possuem uma ligação dupla na sua estrutura. Observe que cada ligação dupla cria uma deficiência de hidrogênios, retirando dois átomos do elemento da estrutura. Quando os alcenos possuem apenas uma ligação dupla, eles têm fórmula geral C_nH_{2n} .

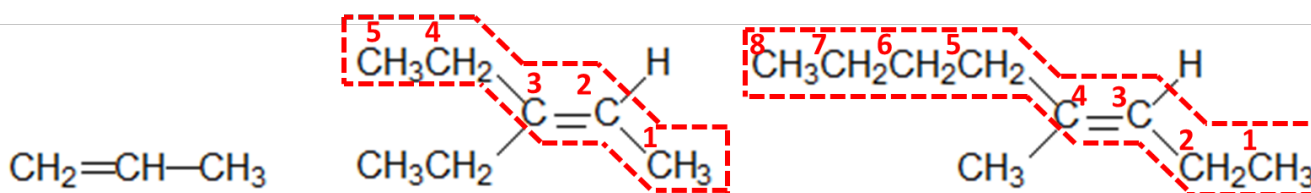
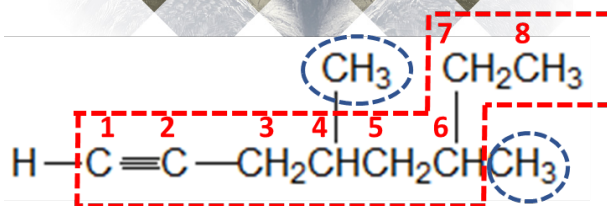
Propeno (C_3H_6)3-etil-pent-2-eno (C_7H_{14})4-metil-pent-3-eno (C_9H_{18})

Figura 16: Exemplos de Alcenos

- **Alcinos:** são hidrocarbonetos que possuem ligações triplas. Cada ligação tripla diminui em 4 unidades o número de átomos de hidrogênio presentes na molécula em relação ao alcano correspondente.



4,6-dimetil-oct-1-ino (C_8H_{14})

- **Aromáticos:** possuem um anel benzênico, que corresponde à estrutura do benzeno (C_6H_6).

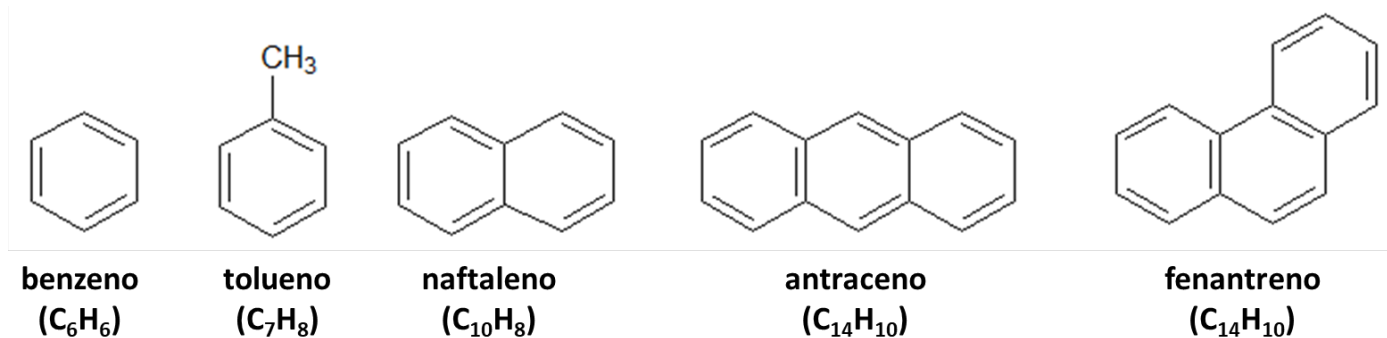


Figura 17: Exemplos de Compostos Aromáticos

2.3.2. Funções Oxigenadas

As funções orgânicas oxigenadas possuem átomos de oxigênio.

- **Álcoois:** são formados por grupo $-OH$ ligado a carbono saturado. Sua nomenclatura utiliza o sufixo **-ol**.

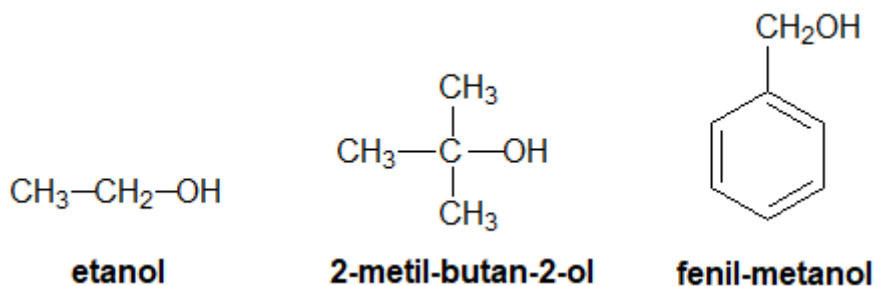


Figura 18: Exemplos de Álcoois

- **Fenóis:** são formados por grupo $-OH$ ligado a carbono aromático. Na sua nomenclatura, o grupo $-OH$ pode ser considerado uma ramificação **-hidróxi**. Existe também o hábito de chamar o hidroxibenzeno de fenol, pois é o exemplo mais comum dessa função.

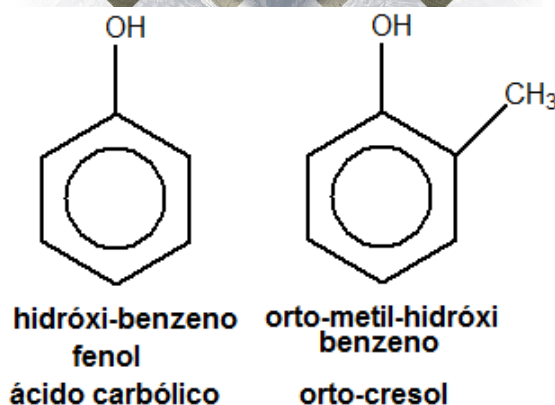


Figura 19: Exemplos de Fenóis

Os termos ácido carbólico e orto-cresol são nomes vulgares.

- **Éteres:** caracterizam-se pelo oxigênio como heteroátomo, ou seja, o grupo funcional $-O-$ ligado a dois radicais orgânicos. Já vimos a nomenclatura dos radicais oxigenados usando o termo oxi.

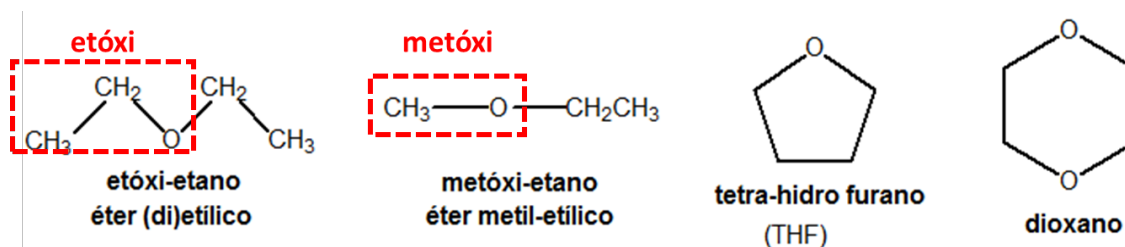


Figura 20: Exemplos de Éteres

- **Aldeídos:** caracterizam-se pelo grupo funcional fórmula $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array} \right)$. Sua nomenclatura é feita com o sufixo $-al$.

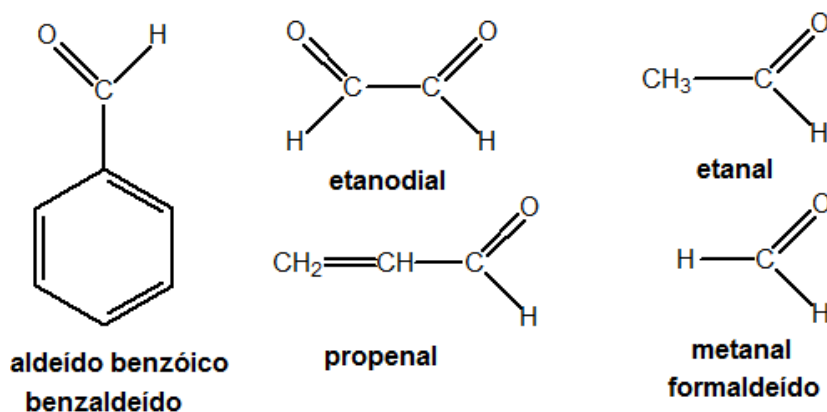


Figura 21: Exemplos de Aldeídos

- **Cetonas:** caracterizam-se pelo grupo funcional $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array} \right)$, em que o grupo $-CO-$ está ligado a dois radicais orgânicos. Sua nomenclatura é feita com o sufixo $-ona$. Como o grupo funcional não se localiza no final da cadeia, em muitos casos, é necessário numerar.

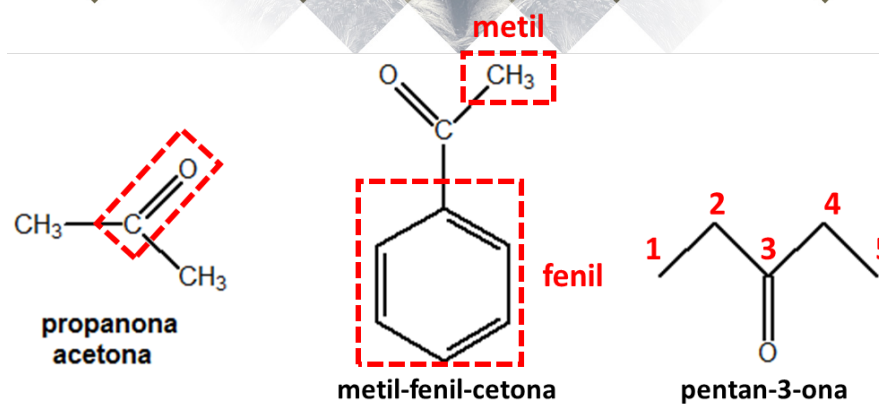
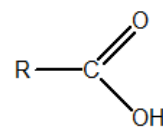


Figura 22: Exemplos de Cetonas

- **Ácidos Carboxílicos:** caracterizam-se pelo grupo funcional usando o sufixo **–óico**.



e sua nomenclatura é feita

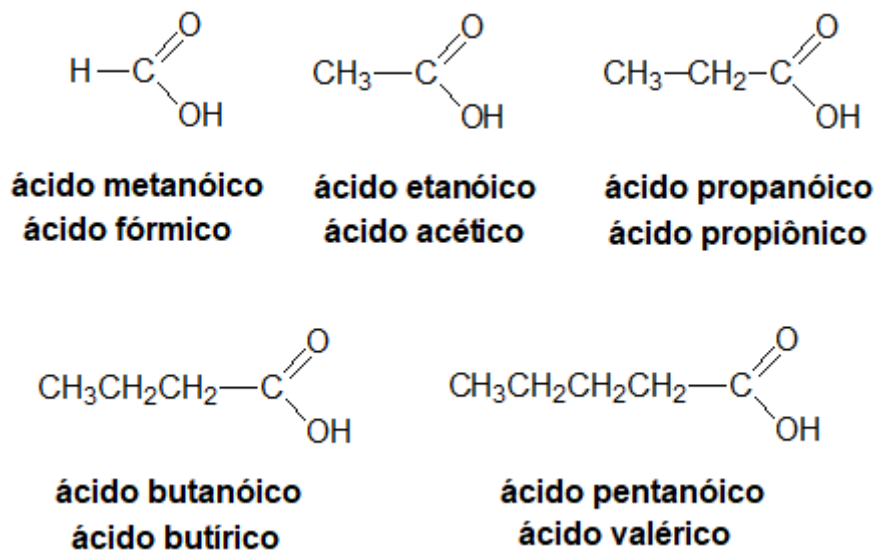
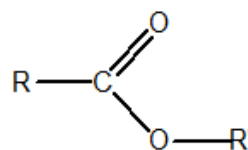


Figura 23: Exemplos de Ácidos Carboxílicos



- **Ésteres:** são formados pelo grupo funcional esquema.

e sua nomenclatura segue o

nome do ânion do derivado do ácido -ICO + ATO de nome do radical alquila correspondente à outra parte da molécula.

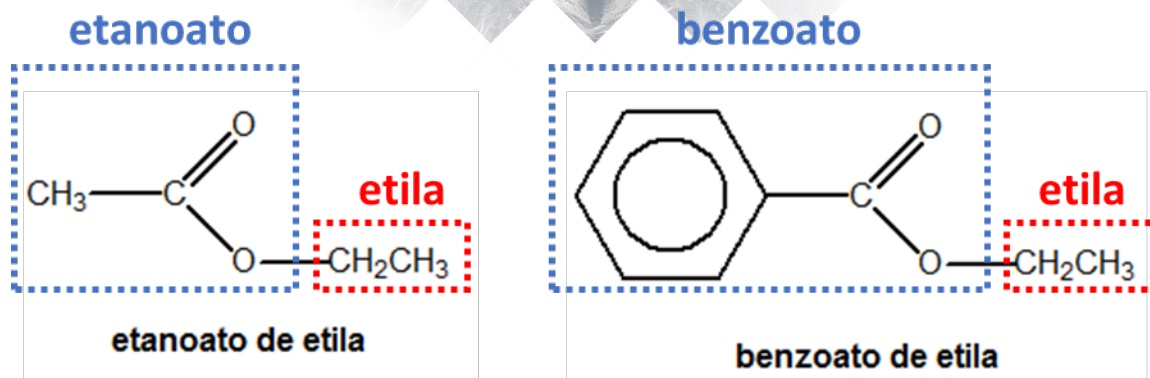


Figura 24: Exemplos de Ésteres Orgânicos

2.3.3. Funções Nitrogenadas

As funções nitrogenadas incluem.

- **Aminas:** possuem o átomo de nitrogênio ligado a radicais orgânicos. A forma mais simples de nomeá-las é pelos radicais orgânicos diretamente ligados ao nitrogênio.

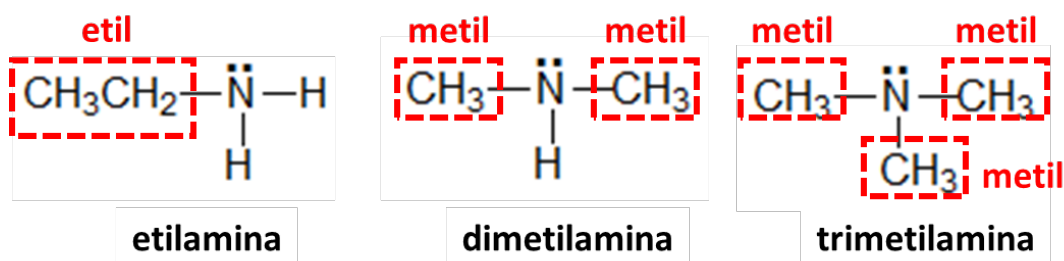
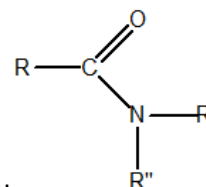


Figura 25: Exemplos de Aminas

- **Amidas:** as principais amidas são formadas pelo grupo funcional



, em que R, R' e R'' são radicais orgânicos.

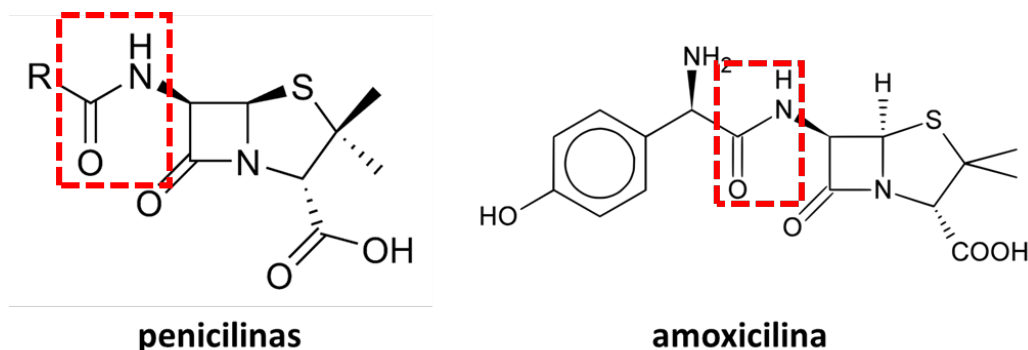
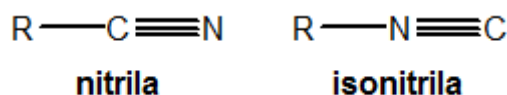


Figura 26: Exemplos de Amidas utilizadas como Antibióticos

- **Nitrilas:** são caracterizadas pelos grupos funcionais



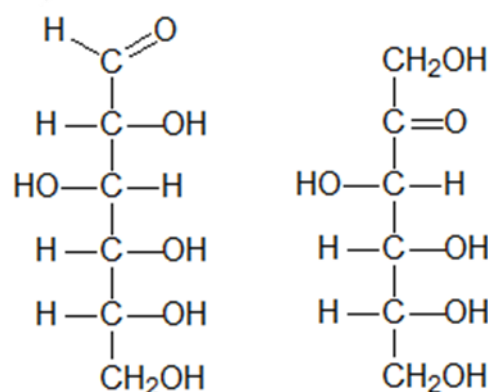
Pronto, agora, que você já conhece os grupos funcionais, fica mais fácil estudarmos as isomerias dos diversos tipos de compostos.

3. Isomeria Constitucional

Na Química Orgânica, nem sempre a fórmula molecular é suficiente para determinar uma substância com precisão. O exemplo mais conhecido disso são as moléculas de glicose e frutose, que apresentam a mesma fórmula molecular ($C_6H_{12}O_6$).

A isomeria é classificada em dois grandes grupos:

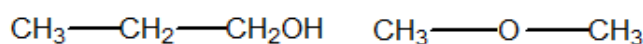
- **Isomeria Constitucional ou Plana:** os compostos apresentam fórmulas estruturais planas diferentes;
- **Isomeria Espacial:** os compostos apresentam a mesma fórmula estrutural plana, porém, o arranjo espacial dos átomos é diferente.



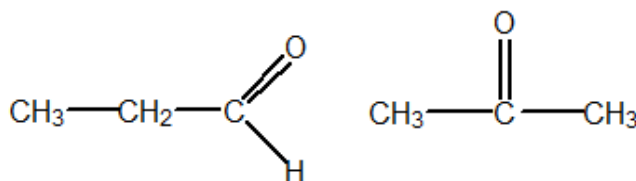
3.1. Isomeria de Função

Os compostos pertencem a funções orgânicas diferentes. Vamos conhecer, a seguir os casos mais importantes.

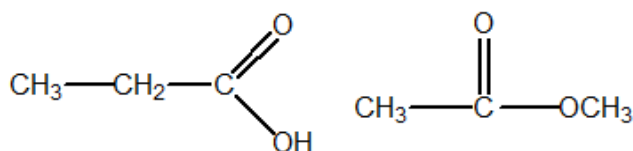
- **Álcool e Éter:** o etanol e o éter dimetílico apresentam a mesma fórmula molecular (C_2H_6O).



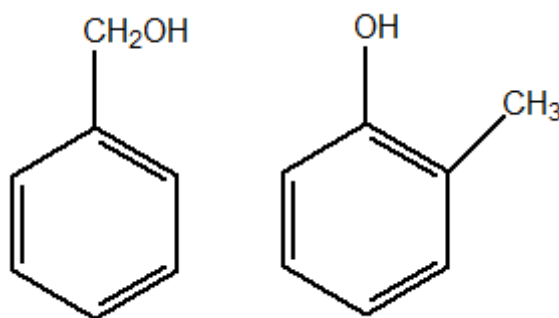
- **Aldeído e Cetona:** o propanal e a propanona também apresentam a mesma fórmula molecular (C_3H_6O).



- **Ácidos Carboxílicos e Ésteres:** comparamos o ácido propanóico e o etanoato de metila, cuja fórmula molecular é $C_3H_6O_2$.



- **Álcoois Aromáticos e Fenóis:** os fenóis se diferenciam dos álcoois, pois apresentam o grupo $-OH$ ligado a carbono aromático. Portanto, são isômeros de função dos álcoois.



3.1.1. Deficiências de Hidrogênio

O número de átomos de carbono e de outros elementos é facilmente contado numa molécula orgânica, pois esses átomos estão expressos na sua fórmula estrutural. Porém, é um pouco mais difícil contar o número de átomos de hidrogênio, tendo em vista que eles estão frequentemente ocultos ou implícitos.

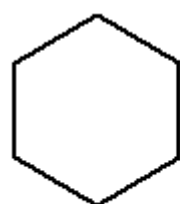
Porém, em vez de contar o número de átomos de hidrogênio em um composto, podemos contar o número de deficiências de hidrogênio, que são:

- Ciclos;
- Ligações pi (duplas ou triplas).

Cada deficiência de hidrogênio retira dois átomos de hidrogênio.

3.2. Isomeria de Cadeia

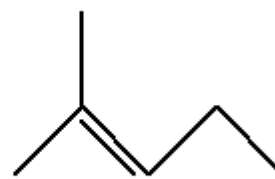
Nesse caso, os compostos apresentam a mesma função orgânica, mas se diferenciam pelas suas cadeias carbônicas, que possuem classificações diferentes.



cicloexano



hex-3-eno



2-metil-pent-2-eno

Figura 27: Isômeros de Cadeia

3.3. Isomeria de Posição

Nesse caso, os compostos possuem cadeia de mesma classificação, porém, se diferenciam pela posição ocupada por uma insaturação, um radical ou do grupo funcional.

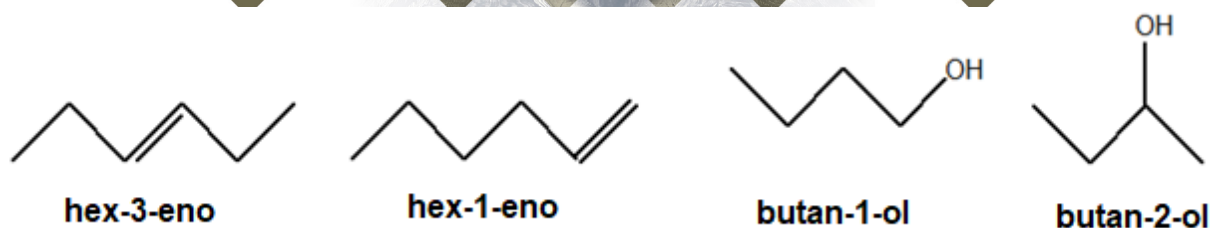


Figura 28: Exemplos de Isômeros de Posição

3.4. Isomeria de Compensação (Metameria)

Os isômeros de compensação se diferenciam pela posição do heteroátomo. Pode ser considerada uma categoria específica de isômeros de posição. É comum em éteres e aminas.

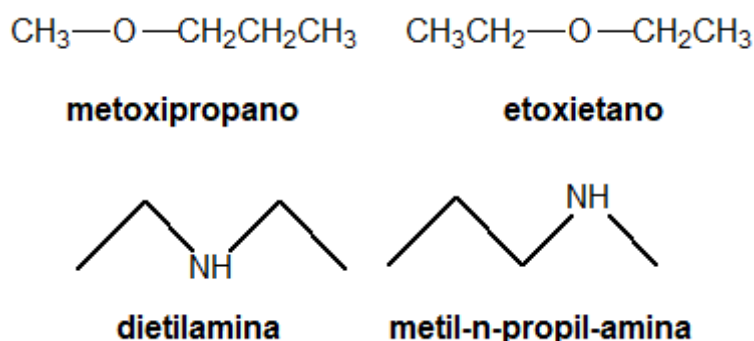


Figura 29: Exemplos de Metameria

3.5. Tautomeria

Os isômeros estão em equilíbrio, sendo impossível separá-los.

O caso mais conhecido de tautomeria está relacionado à **acidez do hidrogênio alfa** de grupos altamente eletronegativos, como aldeídos, cetonas e nitrocompostos. Por hidrogênio alfa, entendemos o hidrogênio ligado ao carbono vizinho ao grupo funcional.

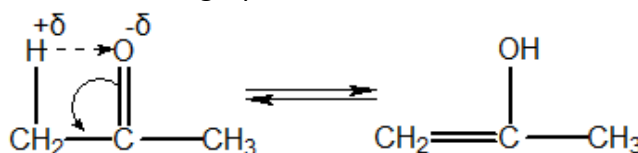
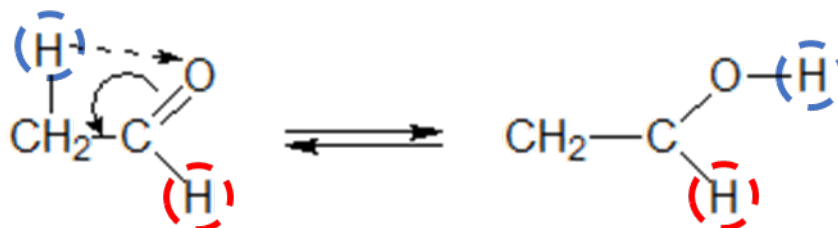


Figura 30: Conversão de Cetona em Enol

É muito importante perceber que o efeito em destaque requer a existência de um hidrogênio alfa. No caso dos aldeídos, existe um hidrogênio presente no próprio grupo funcional, porém, ele não participa da tautomeria.

envolve-se na
tautomeria



não se envolve
na tautomeria

Figura 31: Conversão de Aldeído em Enol



A tautomeria depende de um processo com uma energia de ativação considerável, pois requer uma migração de um átomo de hidrogênio numa molécula, o que implica em quebras de ligações.

Por isso, a tautomeria somente ocorre no estado líquido ou em solução aquosa.

4. Isomeria Espacial

Na Isomeria Espacial, são duas classificações importantes que precisamos saber:

- **Enantiômeros:** um composto é a imagem do outro no espelho, mas os dois não se superpõem;
- **Diastereoisômeros:** são isômeros espaciais, possuem a mesma fórmula estrutural plana, mas não são um a imagem do outro no espelho.

4.1. Confôrmeros

É muito importante diferenciar os isômeros dos confôrmeros. Vejamos as definições:

- **Isômeros:** são compostos distintos, com propriedades físicas e químicas diferentes;
- **Confôrmeros:** são representações espaciais diferentes de um mesmo composto.

Considere uma ligação simples carbono-carbono, como a presente no 1,2-difluor, 1,2-dicloro-etano.

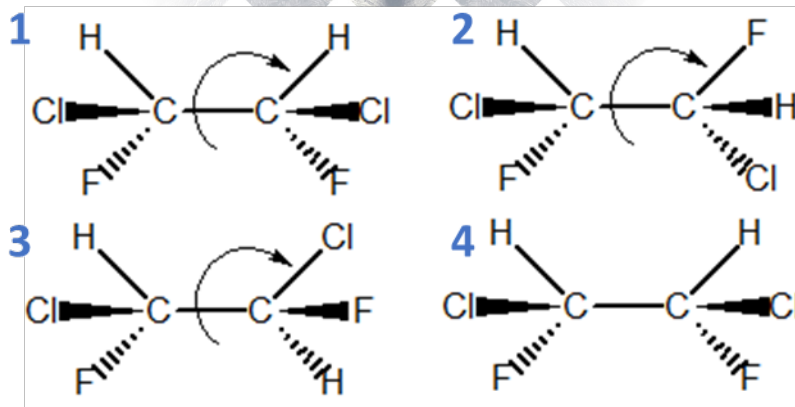


Figura 32: A rotação é livre em torno de ligações simples

4.2. Isomeria Geométrica

Embora a rotação em torno da ligação simples seja fácil, quando o composto apresenta uma ligação dupla ou um ciclo, a situação fica diferente. Analisemos uma ligação pi.

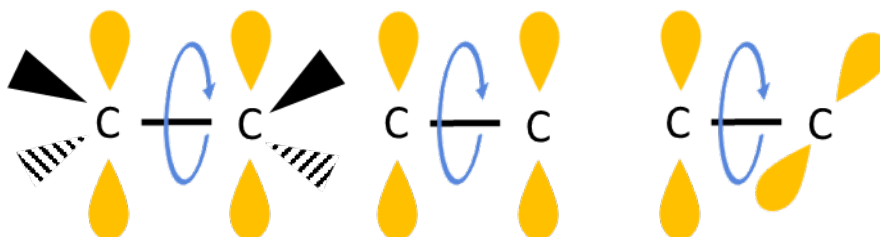


Figura 33: Rotação em torno da Ligação Dupla

Dizemos que a ligação pi foi quebrada, porque os lóbulos não estão mais paralelos, como requer a formação desse tipo de ligação.

Agora, considere um par de moléculas que se diferencia exatamente pelo arranjo espacial dos átomos em torno da ligação dupla.

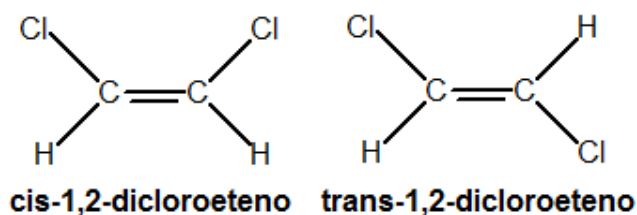


Figura 34: Isômeros Geométricos do 1,2-dicloroeteno

O isômero **cis** é polar, enquanto o isômero **trans** é apolar. Por isso, eles apresentam propriedades físicas diferentes, como é retratado na Tabela 5.

Tabela 5: Diferenças de Propriedades entre os isômeros do 1,2-dicloroeteno

	Cis	Trans
Fórmula Molecular	$C_2H_2Cl_2$	$C_2H_2Cl_2$
Massa Molar	96,95 g/mol	96,95 g/mol

Polaridade	Polar (1,90D)	Apolar (0,0D)
Densidade	1,28 g/cm ³	1,26 g/cm ³
Temperatura de Ebulição	60,3 °C	47,5 °C

O isômero polar tem a possibilidade de formar interações dipolo-permanente, que são mais intensas que as interações do isômero apolar.

Assim como o que acontece na Figura 32, os isômeros geométricos do 1,2-dicloroeteno podem se transformar um no outro por uma simples rotação em torno da ligação dupla. Porém, o que diferencia os dois casos é a **energia de ativação necessária**.

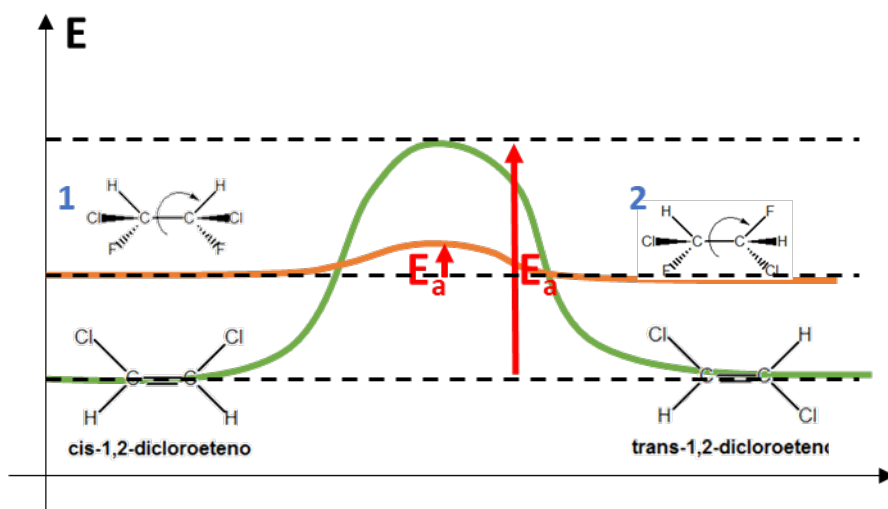


Figura 35: Comparação entre a Energia de Ativação Necessária para a conversão entre dois isômeros e a necessária para a conversão entre dois conformeros

A energia de ativação necessária para a transformação do isômero **cis** no isômero **trans** é muito significativa, porque requer a quebra da ligação pi.

4.2.1. Nomenclatura de Isômeros Geométricos

Na seção anterior, utilizamos o sistema cis-trans, que é um sistema usual de nomenclatura. Porém, você deve conhecer e utilizar o sistema de nomenclatura oficial da IUPAC, que é o sistema E-Z.

A prioridade de um grupo é **definida pela massa do átomo diretamente ligado ao carbono**. Não confunda com a massa do grupo inteiro.

Definidos os grupos de maior prioridade, utiliza-se o prefixo:

- **Z** (*zusammen* ou *juntos*) ou **cis**: quando os grupos de maior prioridade estiverem do mesmo lado da ligação pi;
- **E** (*entgegen* ou *opostos*) ou **trans**: quando os grupos de maior prioridade estiverem de lados opostos da ligação pi.

Para fixar esse conceito, vamos analisar alguns exemplos.

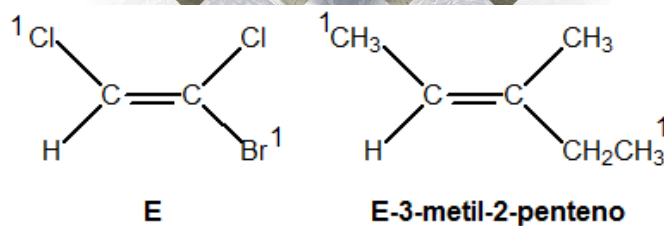


Figura 36: Nomenclatura E-Z

4.2.2. Isomeria Geométrica em Ciclos

De forma semelhante ao que acontece em torno de uma ligação dupla, quando um composto apresenta uma cadeia cíclica, não é possível a rotação em torno da C – C sem quebrar o ciclo.

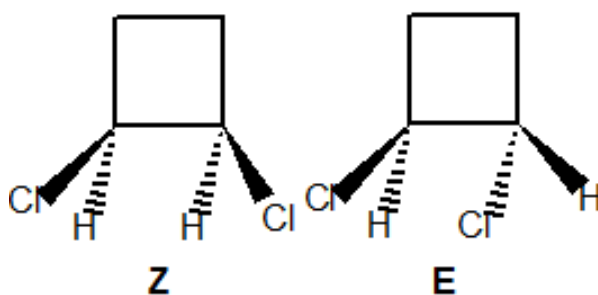


Figura 37: Isomeria Geométrica em Ciclos

5. Isomeria Óptica

Antes de estudar propriamente a Isomeria Óptica, precisamos aprender alguns conceitos sobre a direção de propagação da luz.

5.1. Conceitos sobre a Direção de Propagação da Luz

A luz natural é conhecida como **luz difusa**, porque ela se propaga em todas as direções. É genericamente representada por.

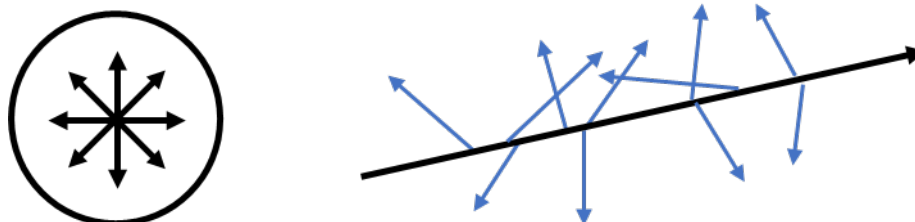
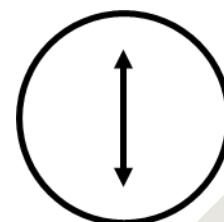


Figura 38: Luz Difusa

A luz polarizada é aquela que se propaga em uma única direção. Mas, cuidado, pois a luz polarizada se propaga nos dois sentidos, devido ao Princípio da Reversibilidade da Luz.

O Prisma de Nicol tem a propriedade de produzir reflexão total para a luz incidente na maior parte dos ângulos, somente permitindo a passagem do feixe que passa rente a ele. Na Física, esse feixe é conhecido como extraordinário.



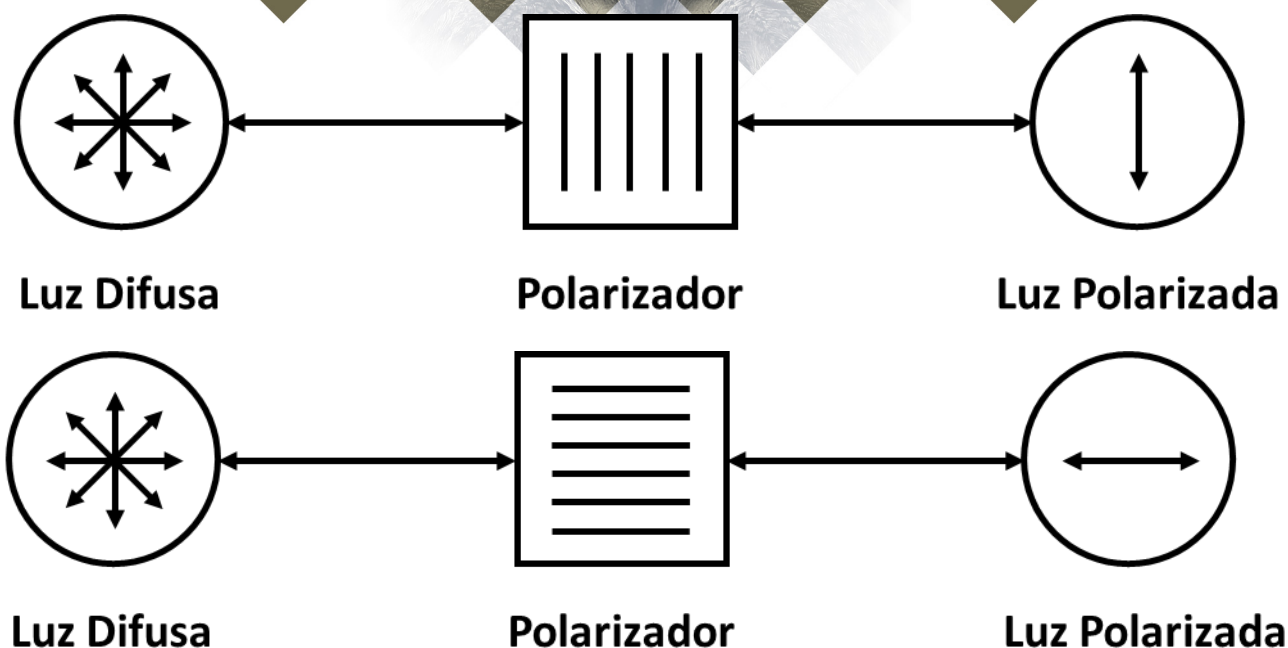


Figura 39: Polarização da Luz Difusa

Na Química, em especial na Orgânica, existem **substâncias opticamente ativas**, que são substâncias capazes de desviar um feixe de luz polarizada.

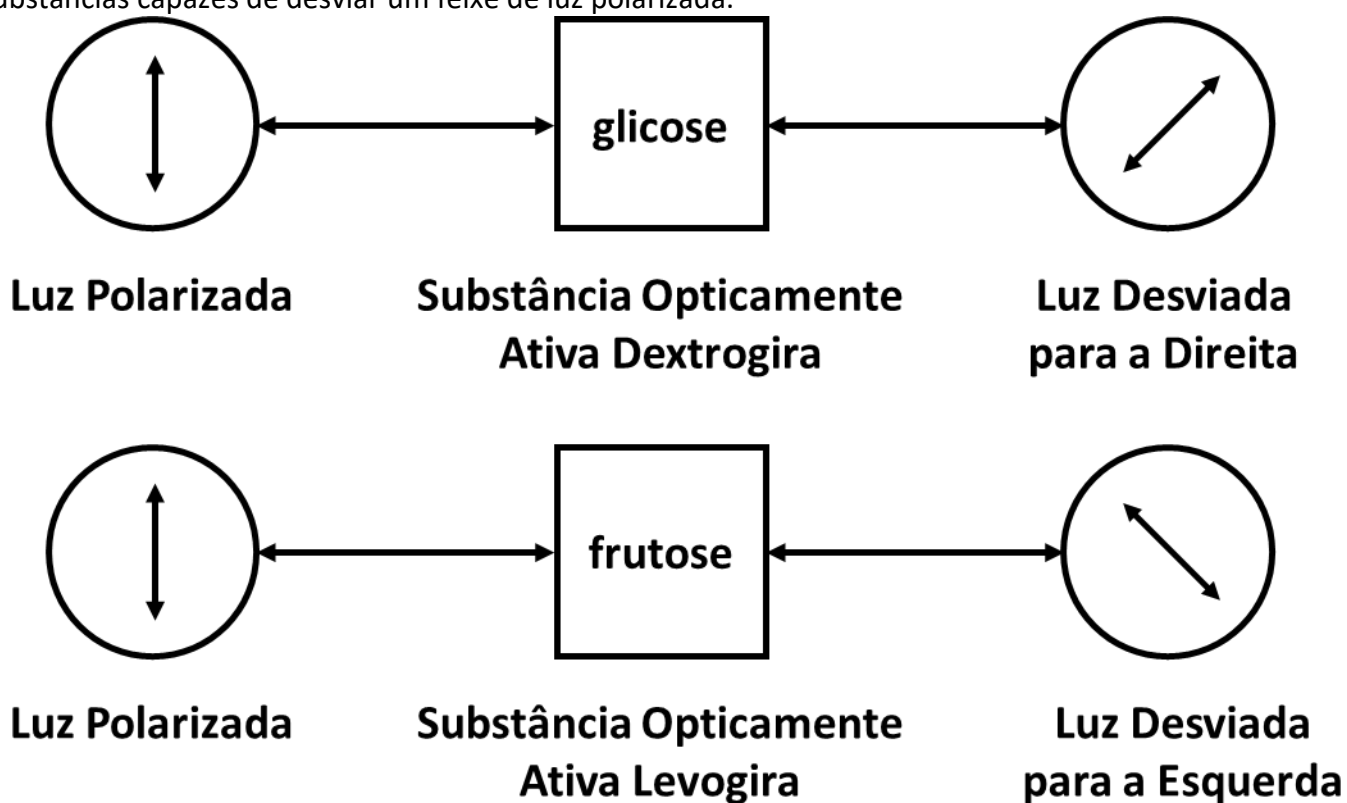


Figura 40: Efeito das Substâncias Opticamente Ativas sobre o feixe de luz polarizada

As substâncias opticamente ativas são classificadas em:

- **Dextróginas (d ou +):** desvia o plano da luz polarizada para a direita.
- **Levóginas (l ou -):** desvia o plano da luz polarizada para a esquerda.

5.2. História da Isomeria Óptica

Em 1812, Jean-Baptist Biot observou que o feixe de luz polarizada era rotacionado (ou desviado) por alguns cristais. Ao aprofundar seus estudos, Biot descobriu que o fenômeno do desvio do feixe de luz polarizada se mantinha mesmo em soluções aquosas de algumas substâncias orgânicas. Isso indicava que se tratava de uma propriedade inerente à molécula.

Mas a explicação só veio em 1846 por Louis Pasteur. Pasteur observava que, durante a produção de vinho, havia dois ácidos produzidos no processo de fermentação da uva: o ácido tartárico e o ácido racêmico.

Os dois ácidos possuíam a mesma fórmula molecular e as mesmas propriedades físicas, porém, apresentavam um comportamento diferente, quando submetidos ao feixe de luz polarizada.

O ácido tartárico era **opticamente ativo**, isto é, ele desviava o feixe de luz polarizada (no caso, para a direita). Já o ácido racêmico era opticamente inativo.

Pasteur resolveu cristalizar cuidadosamente o ácido racêmico e descobriu que esse ácido formava dois tipos de cristais muito parecidos, mas que um era a imagem do outro no espelho. Ele separou, **por catação**, os cristais e os dissolveu novamente em água.

Após examinar as duas soluções obtidas, Pasteur descobriu que, na verdade, o ácido racêmico não era puro. Uma das soluções resultantes era exatamente como a solução do ácido tartárico e desviava o feixe de luz polarizada para a direita. Já a outra desviava o feixe de luz polarizada para a esquerda, no mesmo ângulo.

5.3. Condições para a Atividade Óptica

Uma molécula é opticamente ativa quando é **assimétrica**. Ou seja, quando ela é diferente da sua imagem no espelho. Toda molécula assimétrica admite um **enantiômero**, que é a sua imagem no espelho.

Uma **mistura racêmica** é uma mistura equimolar, ou seja, na proporção 1 mol: 1 mol de um par de enantiômeros. Esse tipo de mistura é **opticamente inativa**.

O caso mais comum de isomeria óptica é o que envolve **carbonos quirais**, que será mais detalhado adiante.

Antes disso, vamos comentar sobre um caso muito interessante: o 1,3-dicloro-aleno (propadieno), que é um composto opticamente ativo, mas que não apresenta compostos quirais.

Para entender esse caso, em primeiro lugar, precisamos entender por que essa molécula não é plana. Em vez disso, o 1,3-dicloro-aleno apresenta a seguinte fórmula espacial.

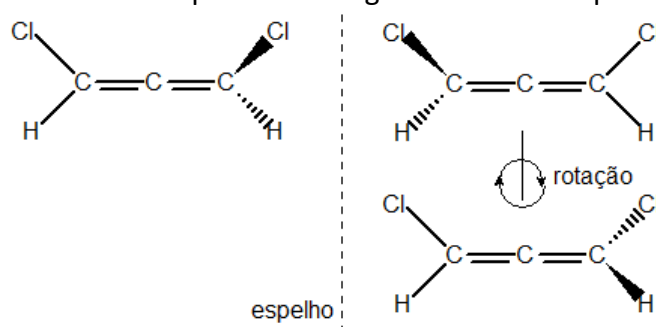


Figura 41: Enantiômeros da Molécula de 1,3-dicloro-aleno

Pela Figura 41, quando a imagem especular é rotacionada em torno do plano do papel, o cloro que está para fora do papel vem para o lado de dentro. Já o hidrogênio, que estava para dentro do papel, vem para o lado de fora.

5.4. Carbonos Quirais

O caso mais conhecido e mais comum de isomeria óptica acontece com carbonos quirais. Os carbonos quirais são carbonos sp^3 que apresentam **quatro ligantes diferentes**.

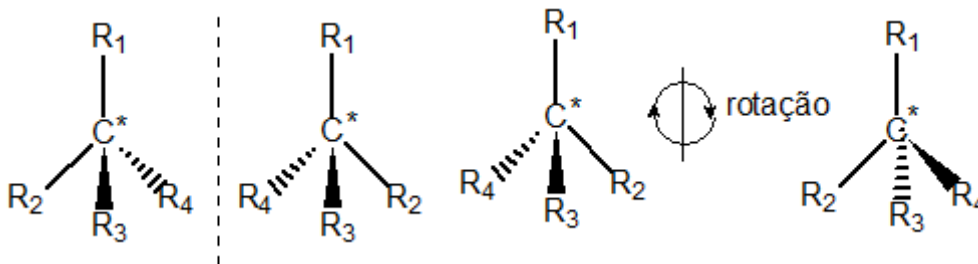


Figura 42: Carbono Quiral

Vejamos a seguir alguns exemplos de moléculas, em que seus respectivos carbonos quirais estão assinalados com um asterisco (*).

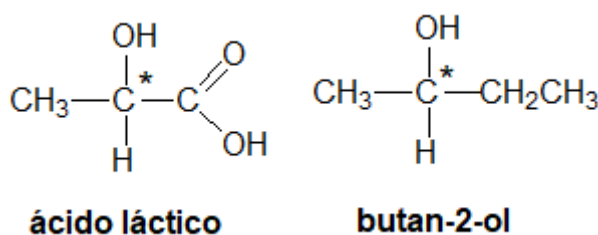


Figura 43: Exemplos de Moléculas Assimétricas e seus Respetivos Carbonos Quirais

As duas substâncias apresentadas na Figura 43 possuem um único carbono quiral e, por isso, são assimétricas e apresentam um par de enantiômeros, sendo um dextrogiro e outro levogiro.

5.4.1. Propriedades Físicas dos Enantiômeros

Apesar de os enantiômeros serem compostos diferentes, um meio **aquiral** (ou simétrico) não é capaz de distingui-los. Por conta disso, **os enantiômeros apresentam exatamente as mesmas propriedades** na água e no ar, como as temperaturas de fusão e ebulição e a solubilidade em água.

Quando dissolvidos em água, a única diferença entre os isômeros ácido d-láctico e *l*-láctico está no plano de luz polarizada. Suas demais propriedades físicas são exatamente iguais.

Tabela 6: Temperatura de Fusão dos Enantiômeros e da Mistura Racêmica do Ácido Láctico

Composto	Ponto de Fusão
Ácido d-láctico	28 °C
Ácido <i>l</i> -láctico	28 °C
Mistura racêmica	16 °C

A Tabela 6 chama a atenção, ainda, para o fato de que as propriedades físicas da mistura racêmica do ácido láctico são diferentes das propriedades físicas dos enantiômeros. Lembre-se que a mistura racêmica é a mistura dos ácidos **d** e **l** láctico na proporção 1:1.

5.4.2. Nomenclatura de Isômeros Ópticos

A nomenclatura dos isômeros ópticos segue o sistema R-S, que também utiliza o conceito de prioridade visto no sistema E-Z. A seguir, descrevemos o passo-a-passo para a nomenclatura pelo sistema R – S.

- Numera-se os grupos por ordem de prioridade;
- Rotaciona-se a molécula, de modo a deixar o grupo de maior prioridade para o fundo;
- Nessa situação, percorre-se a molécula do grupo de maior prioridade para o grupo de menor prioridade. O nome do isômero será:
- R, de relógio, se o percurso for no sentido horário – lembre-se R de relógio;
- S, se o percurso for no sentido antiorário.

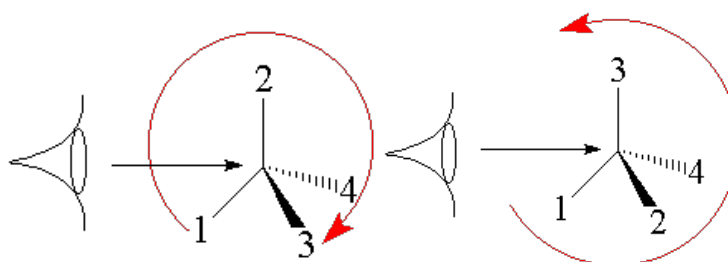


Figura 44: Sistema R-S de nomenclatura

Por exemplo, no caso da Figura 79, pode-se utilizar o sistema R-S para os isômeros ópticos do ácido láctico.

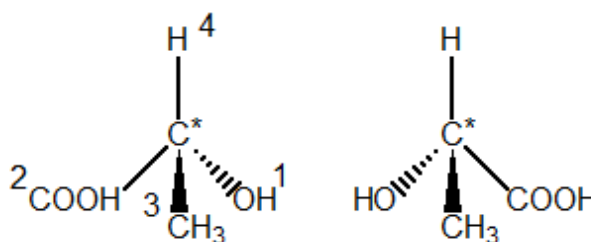


Figura 45: Nomenclatura dos Enantiômeros do Ácido Láctico

Para dar o nome adequado aos dois compostos, devemos jogar o hidrogênio, que é o grupo de menor prioridade para o fundo. Com isso, teremos o seguinte:

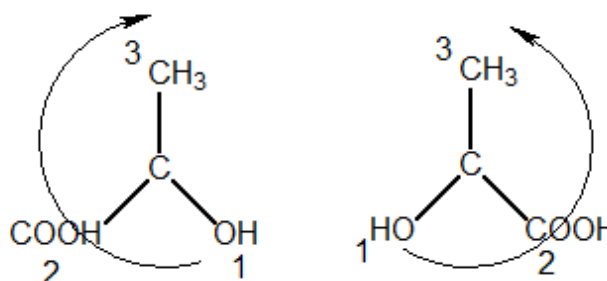


Figura 46: Nomenclatura dos Enantiômeros do Ácido Láctico

Tente fazer o experimento da Figura 82 mentalmente. Isso lhe dará um pouco de trabalho mental, mas é fundamental para compreender como aplicar a regra de nomenclatura R-S.

Diante do que foi mostrado na Figura 82, a molécula da esquerda corresponde ao ácido (R)-lático e a molécula da direita corresponde ao ácido (S)-lático.



Não há qualquer relação entre o sistema R-S e o fato de a molécula ser levogira ou dextrogira.

Por exemplo, no caso do ácido lático, a molécula R é levogira. Já, no caso da talidomida, a molécula R é dextrogira.

5.4.3. Efeito das Trocas de Posição entre Grupos Ligantes

Considere um composto que tenha um único carbono quiral, como o ácido lático. Quando fazemos uma troca de posição entre quaisquer dois ligantes do carbono, trocamos a configuração do carbono (de R para S, e vice-versa). Ao fazer isso, passamos para o enantiômero do composto. Considere o enantiômero R do ácido lático.

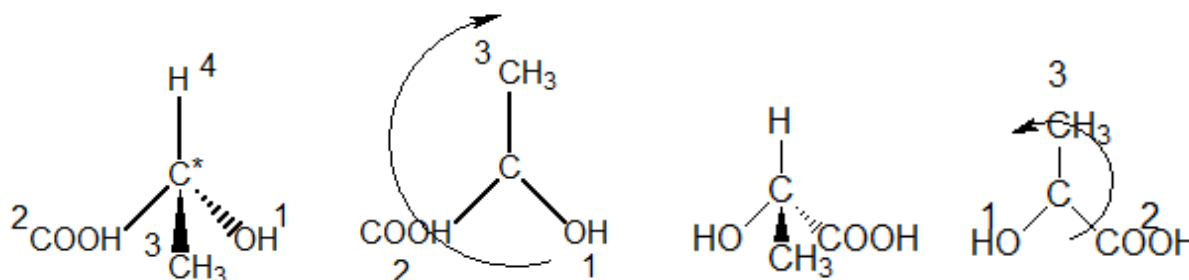


Figura 47: Uma Troca realizado no Ácido (R)-Lático convertendo-o em Ácido (S) – lático

Sendo assim, podemos estabelecer a seguinte regra para a inversão de configuração em cada carbono quiral:

- Se for efetuado um número ímpar de trocas entre grupos ligantes, inverte-se a configuração do carbono;
- Se for efetuado um número par de trocas, mantém-se a configuração do carbono.

5.4.4. Moléculas com Carbonos Quirais Diferentes

Dois carbonos quirais podem ser iguais ou diferentes, a depender de:

- **Carbonos Quirais Diferentes:** quando os quatro ligantes não são simultaneamente iguais – ao menos um deles é diferente;
- **Carbonos Quirais Iguais:** quando possuem exatamente os mesmos quatro grupos ligantes.

Nessa seção, estudaremos as moléculas com carbonos quirais diferentes. Nesse caso, cada um dos carbonos poderá ter exatamente duas configurações: R ou S.

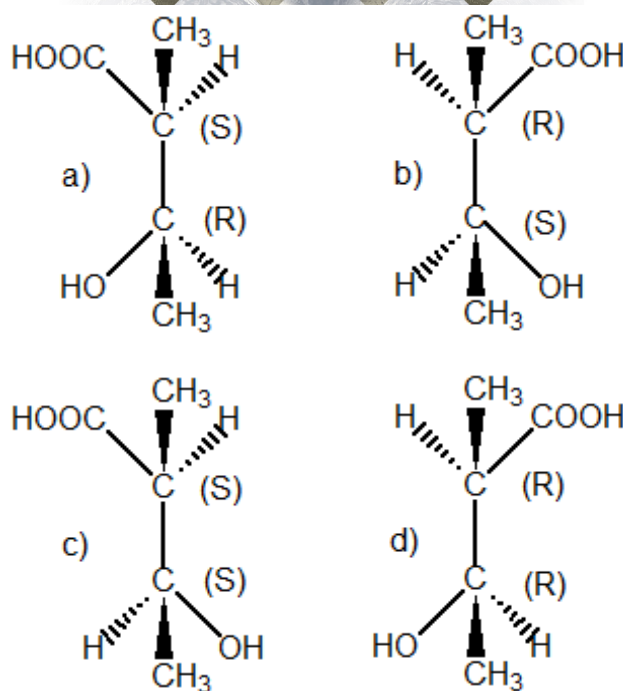


Figura 48: Isômeros Ópticos numa molécula com dois carbonos quirais

Como cada carbono pode ter duas configurações diferentes: R ou S, uma molécula com n carbonos quirais, apresentará o número de isômeros ópticos igual a:

$$N = 2^n$$

Para um composto que tenha vários carbonos quirais, o enantiômero só pode ser obtido quando **todos** os carbonos quirais são invertidos. Sendo assim, teremos:

- **Duas Representações do Mesmo Composto:** quando todos os carbonos tiverem sua configuração mantida;
- **Um par de Diastereoisômeros:** quando pelo menos um, mas não todos os carbonos tiverem sua configuração invertida;
- **Um par de Enantiômeros:** quando todos os carbonos tiverem sua configuração invertida.

Entre os monossacarídeos, há vários grupos de moléculas que podem ser classificadas como diastereoisômeros e que são derivadas de carbonos quirais diferentes.

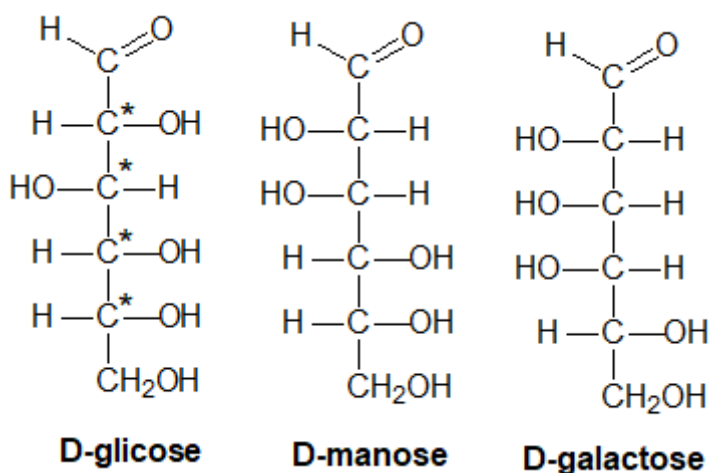


Figura 49: Monossacarídeos isômeros da glicose

Os isômeros ilustrados: a glicose, a manose e a galactose são exemplos de diastereoisômeros, porque não houve mudanças de configuração entre todos os carbonos.

Um caso de particular interesse está nas moléculas que possuem dois carbonos quirais entre dois anéis. É o caso da cânfora.

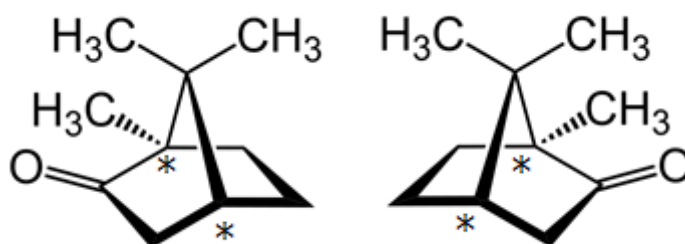
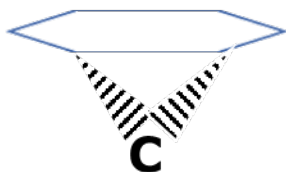
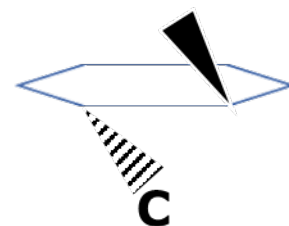
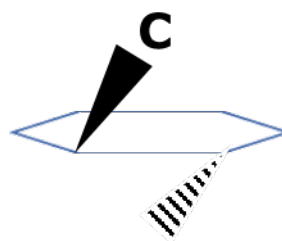


Figura 50: A Cânfora apresenta dois carbonos quirais entre anéis

Embora a cânfora apresente dois carbonos quirais, nem todos os quatro isômeros são possíveis, apenas dois deles.



Configurações Possíveis



Configurações Impossíveis

Figura 51: Configurações Impossíveis quando os carbonos quirais estão entre dois anéis

Sendo assim, fique muito atento ao caso em que existem carbonos quirais entre dois anéis. É bastante possível que haja alguma situação de impossibilidade que reduza o número de isômeros ópticos possíveis.

5.4.5. Moléculas com Carbonos Quirais Iguais

Quando a molécula apresenta carbonos quirais iguais, há a possibilidade de formação de um **mesocomposto**, que é um isômero opticamente inativo. Como exemplo, tem-se o ácido tartárico.

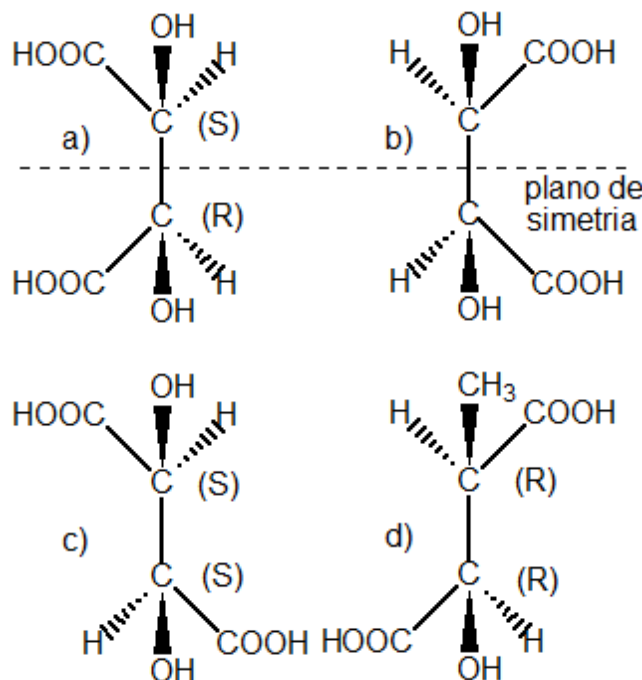


Figura 52: Isômeros Ópticos do Ácido Tartárico

Observe que as moléculas **a)** e **b)** possuem um plano de simetria e, na verdade, são iguais. A molécula **b)** pode ser transformada na molécula **a)** por uma rotação em torno do plano de simetria. Sendo assim, as moléculas **a)** e **b)**, na verdade, duas representações para o mesmo composto. Trata-se de um **mesocomposto**, que é opticamente inativo, denominado ácido mesotartárico.

Já as moléculas **c)** e **d)** correspondem a um par de **enantiômeros**.

5.4.6. Projeção de Fischer

A projeção de Fischer é uma forma de representação bidimensional de uma molécula tridimensional.

Com a Projeção de Fischer, a análise fica muito simples. Sempre que você faz uma troca entre as posições de dois ligantes num carbono, você inverte a sua configuração.

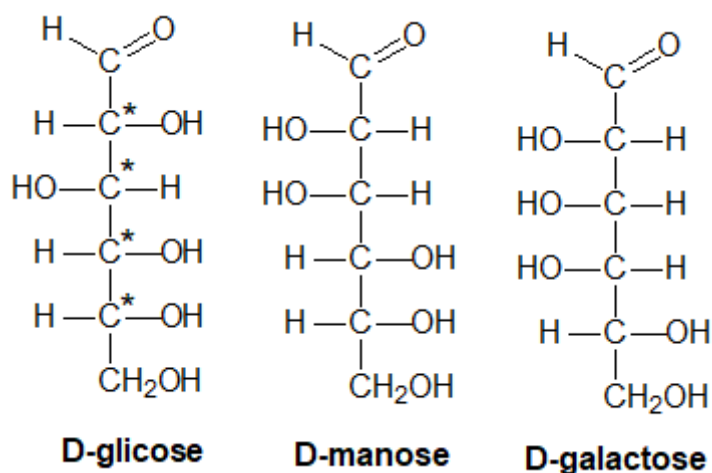


Figura 53: Projeção de Fischer para os isômeros da glicose

Em ambos os casos, apenas alguns carbonos quirais foram invertidos. Portanto, as moléculas são diastereoisômeros.

5.4.7. Isomeria Óptica em Ciclos

Quando um carbono está localizado em um ciclo, é preciso percorrer o ciclo nos dois sentidos e verificar se os dois percursos são diferentes. Estudaremos os casos das moléculas: clorociclopentano e 1,2-diclorociclopentano.

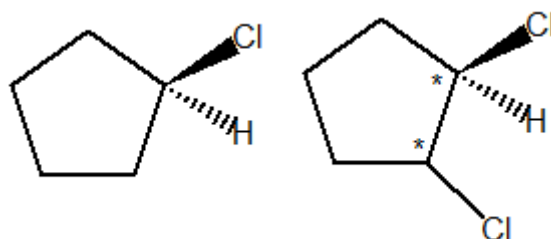


Figura 54: Isomeria Óptica em Ciclos

Convém destacar que a molécula 1,2-diclorociclopentano apresenta dois carbonos quirais iguais. Portanto, ela possui um par de enantiômeros e um mesocomposto.

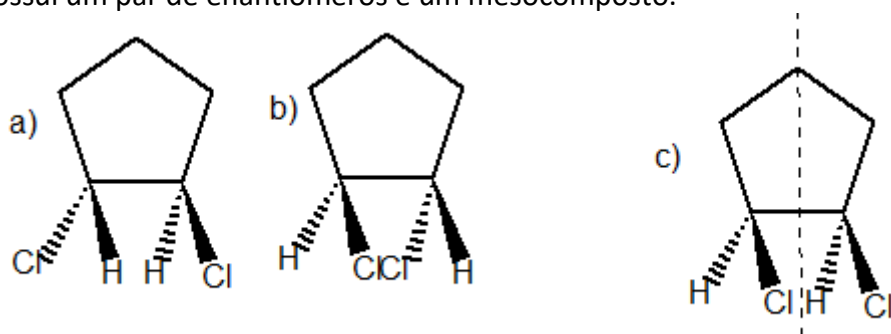


Figura 55: Isômeros Ópticos na Molécula de 1,2-dicloro-ciclopentano

Um caso interessante a ser observado é o do 1,3-diclorociclobutano. Essa molécula apresenta isomeria cis-trans como já estudamos anteriormente. Porém, ela não apresenta nenhum carbono quiral.

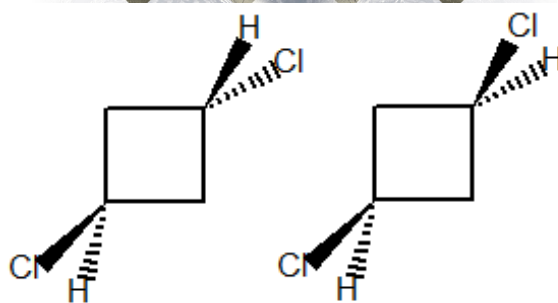


Figura 56: Isômeros do 1,3-dicloro-ciclobutano

Nesse caso, tanto o isômero cis como o isômero trans são opticamente inativos. Observe, ainda, que o isômero trans tem um plano de simetria: o plano que atrevesa os dois átomos de H e os dois átomos de Cl.

5.5. Racemização

Um fato que chama a atenção a respeito desse ácido é que, se uma mistura de ácido *l*-lático extraída de seres vivos for aquecida a temperaturas próximas da temperatura de ebulição, ela perde a atividade óptica. Além disso, as temperaturas de ebulição da mistura racêmica e dos enantiômeros isolados são iguais a 122 °C.

O que acontece com esse ácido?

Na verdade, o ácido sofreu um processo conhecido como **racemização**.

A explicação para a racemização é que, da mesma forma que estudamos para as cetonas e aldeídos, os ácidos carboxílicos também sofrem um processo de tautomeria, formando um enodiol.

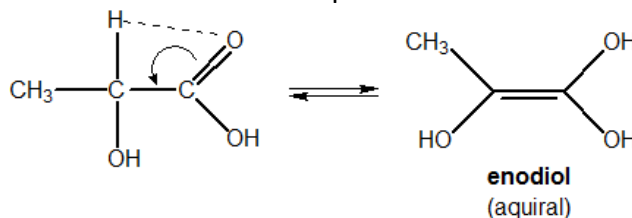


Figura 57: Tautomerização em um Ácido Carboxílico

O enodiol é uma molécula plana, portanto aquiral. Vale ressaltar que o equilíbrio é dinâmico, portanto o enodiol está o tempo inteiro se convertendo em ácido lático. Além disso, como o enodiol é aquiral, essa conversão acontece na proporção de 50% de cada enantiômero.

5.6. Métodos de Separação de Misturas Racêmicas

Os enantiômeros apresentam as mesmas propriedades físicas em meios aquirais, portanto, é impossível separá-los por procedimentos comuns, como destilação ou dissolução fracionada.

5.6.1. Método Mecânico

Em alguns casos, como no ácido tartárico, que foi relatado anteriormente nesse material, é possível separar os enantiômeros por **catação**.

Quando cristalizado cuidadosamente, uma mistura racêmica do ácido tartárico produz dois tipos de cristais, que são um a imagem do outro no espelho. Esses cristais podem ser separados por catação, como feito por Pasteur.

5.6.2. Método Biológico

Os seres vivos processam suas reações por meio de enzimas, que são extremamente específicas, sendo até mesmo capazes de diferenciar um par de enantiômeros.

Por exemplo, muitas bactérias possuem afinidade pelo ácido *l*-lático, mas não possuem afinidade pelo ácido *d*-lático.

Ao se fornecer a uma cultura uma mistura racêmica desse ácido, elas consumirão totalmente o isômero *l*, deixando exclusivamente o isômero *d*.

Se o interesse da separação for apenas no isômero *d* ou se for possível realizar a inversão de configuração, esse método é aplicável.

5.6.3. Método Químico

O método mais comum de separar os enantiômeros é utilizando um **reagente quiral**. O objetivo é transformar uma mistura de enantiômeros em uma mistura de diastereoisômeros.

Na reação da mistura racêmica do ácido lático com o *d*-sec-butanol, teremos a formação de um par de ésteres:

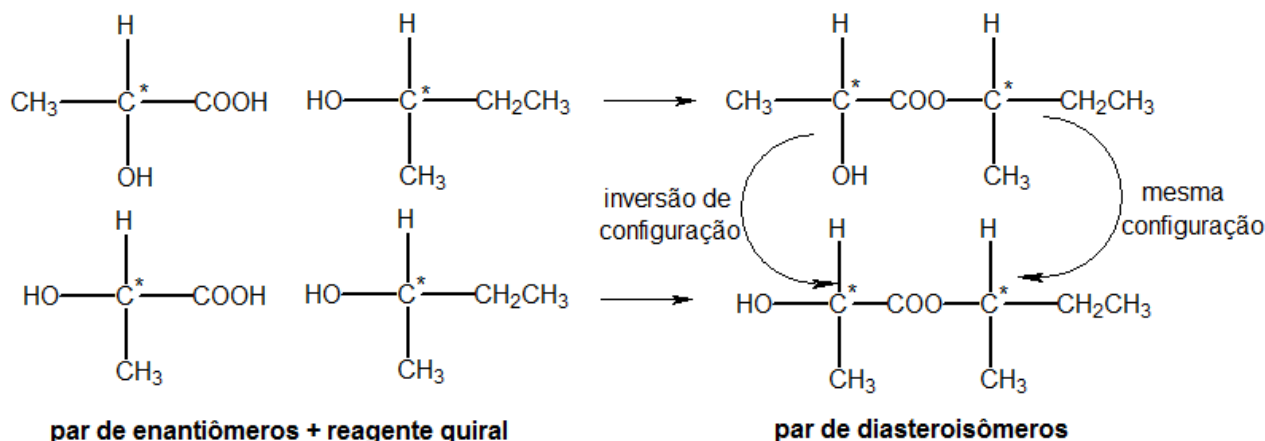


Figura 58: Reação entre uma mistura racêmica e um reagente quiral

Porém, note que esse par de ésteres é um par de diastereoisômeros. Portanto, os produtos da reação podem ser separados por suas propriedades físicas.

6. Lista de Questões Propostas

CONSTANTES

Constante de Avogadro (N_A)	$= 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Faraday (F)	$= 9,65 \times 10^4 \text{ } ^\circ\text{C mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A s mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J V}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Volume molar de gás ideal	$= 22,4 \text{ L (CNTP)}$
Carga elementar	$= 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante dos gases (R)	$= 8,21 \times 10^{-2} \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Constante gravitacional (g)	$= 9,81 \text{ m s}^{-2}$
Constante de Planck (h)	$= 6,626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-1}$
Velocidade da luz no vácuo	$= 3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Número de Euler (e)	$= 2,72$

DEFINIÇÕES

Pressão: $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N m}^{-2} = 760 \text{ Torr} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia: $1 \text{ J} = 1 \text{ N m} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP): 0°C e 760 mmHg

Condições ambientes: 25°C e 1 atm

Condições padrão: 1 bar ; concentração das soluções $= 1 \text{ mol L}^{-1}$ (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão

(s) = sólido. (l) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (CM) = circuito metálico. (conc) = concentrado.

(ua) = unidades arbitrárias. [X] = concentração da espécie química em mol L^{-1}

MASSAS MOLARES

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol^{-1})
H	1	1,01	Mn	25	54,94
Li	3	6,94	Fe	26	55,85
C	6	12,01	Co	27	58,93
N	7	14,01	Cu	29	63,55
O	8	16,00	Zn	30	65,39
F	9	19,00	As	33	74,92

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar (g mol ⁻¹)
Ne	10	20,18	Br	35	79,90
Na	11	22,99	Mo	42	95,94
Mg	12	24,30	Sb	51	121,76
Al	13	26,98	I	53	126,90
Si	14	28,08	Ba	56	137,33
S	16	32,07	Pt	78	195,08
Cl	17	35,45	Au	79	196,97
Ca	20	40,08	Hg	80	200,59

1. (TFC – INÉDITA)

Os itens a seguir apresentam alguns radicais orgânicos. Determine a fórmula estrutural e o nome IUPAC dos compostos formados pela junção desses radicais.

- Fenil + metil
- Etanoila + amino
- Etanoila + etil
- Benzoila + hidroxila
- Metoxi + etil
- Metoxi + acetila
- Etanoila + hidrogênio
- Benzoila + cloro
- Etoxi + hidrogênio
- Metoxi + Metanoila

2. (TFC – INÉDITA)

O ácido acético é um composto muito importante da Química Orgânica e dá origem a muitos outros compostos por meio de reações químicas. Determine a fórmula estrutural e dê o nome IUPAC dos compostos que podem ser obtidos a partir desse ácido pela substituição:

- Do hidrogênio ácido por metila.



- b) Do hidrogênio ácido por sódio.
- c) Do hidrogênio ácido por fenila.
- d) Da hidroxila por etil.
- e) Da hidroxila por metoxi.
- f) Da hidroxila por amino.
- g) Da hidroxila por hidrogênio.

3. (ITA – 2020 – 2ª FASE)

Considere a conformação estrutural das moléculas 1,3-dietilcicloexano, 1,4-dietilcicloexano e 2,3-diclorobutano. Pedem-se:

- a) Desenhe todas as estruturas conformacionais;
- b) Determine o número de centros quirais em cada molécula;
- c) Identifique todos os pares enantioméricos e os compostos meso, se presentes.

4. (ITA-2018)

Considere as proposições a seguir:

- I – O alceno C_6H_{12} apresenta cinco isômeros.
- II – Existem três diferentes compostos com a fórmula $C_2H_2Cl_2$
- III – Existem quatro diferentes éteres com a fórmula molecular $C_4H_{10}O$
- IV – O trimetilbenzeno tem três isômeros estruturais.

Das proposições acima, estão CORRETAS:

- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II, III e IV.
- d) Apenas II e IV.
- e) Todas.

5. (ITA – 2017 – ADAPTADA)

São feitas as seguintes proposições a respeito dos hidrocarbonetos cuja fórmula molecular é C_5H_{10} :

- I. Existem apenas seis isômeros do C_5H_{10} .
- II. Pelo menos um dos isômeros do C_5H_{10} é quiral.

Das proposições acima é (são) CORRETA(S)



- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) I e II.
- d) nenhuma

6. (ITA-2015)

Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

- a) Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.
- b) Qual das duas cetonas acima tem maior conteúdo enólico? Justifique.

7. (ITA – 2012)

São feitas as seguintes afirmações em relação à isomeria de compostos orgânicos:

- I. O 2-cloro-butano apresenta dois isômeros óticos.
- II. O n-butano apresenta isômeros conformacionais.
- III. O metil-ciclo-propano e o ciclo-butano são isômeros estruturais.
- IV. O alceno de fórmula molecular C_4H_8 apresenta um total de três isômeros.
- V. O alceno de fórmula molecular C_5H_{12} apresenta um total de dois isômeros.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- a) I, II e III.
- b) I e IV.
- c) II e III.
- d) III, IV e V.
- e) IV e V.

8. (TFC – INÉDITA)

Explique por que é impossível isolar em solução aquosa um dos isômeros óticos do 2-aminopropanal.

9. (TFC – INÉDITA)

Considere os seguintes compostos:

- I – 1-cloro,3-bromo-propadieno
- II – (E)-1,2-dicloro ciclobutano
- III – 2-hidróxi-2-cloro propano



Apresentam isomeria óptica:

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II e III.
- d) Apenas II.
- e) Todos os compostos.

10. (TFC – INÉDITA)

Assinale a alternativa que apresenta a substância que não reage com sódio metálico:

- a) Propanona.
- b) Ácido trans-butenóico.
- c) Ácido cis-butenóico.
- d) Etanol
- e) But-2-ino.

11. (TFC – INÉDITA)

As reduções da butanona e do butanal com zinco, ácido clorídrico e níquel como catalisador produzem, respectivamente:

- a) A mistura racêmica do butan-2-ol e butan-1-ol.
- b) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e butan-1-ol.
- c) Ambas produzem butan-1-ol.
- d) Ambas produzem a mistura racêmica do butan-2-ol.
- e) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e a mistura racêmica do butan-2-ol.

Obs.: Considere que a redução de aldeídos e cetonas acontece com a quebra da ligação dupla e a adição de um átomo de hidrogênio ao carbono e outro ao oxigênio.

12. (TFC – INÉDITA)

Assinale a alternativa que apresenta um exemplo de composto opticamente ativo:

- a) 1,3-dicloroaleno.
- b) Ácido (2R),(3S) 2,3-dihidroxi-butanodióico.
- c) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio quiral.
- d) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio aquiral.
- e) Glicose preparada a partir de substâncias inorgânicas em um meio aquiral.

**13. (ITA-2010)**

Dada a fórmula molecular $C_3H_4Cl_2$, apresente as fórmulas estruturais dos compostos de cadeia aberta que apresentam isomeria geométrica e dê seus respectivos nomes.

14. (TFC – INÉDITA)

Compare os pontos de ebulição entre os seguintes pares de isômeros:

- a) Álcool etílico e éter etílico.
- b) Ácido propanoico e etanoato de metila.
- c) E-1,2-dicloroeteno e Z-1,2-dicloroeteno
- d) Ortoclorofenol e paraclorofenol.
- e) (R)-butan-2-ol e (S)-butan-2-ol.

15. (ITA-2009)

Assinale a afirmação CORRETA a respeito do ponto de ebulição normal (PE) de algumas substâncias.

- a) O 1-propanol tem menor PE do que o etanol.
- b) O etanol tem menor PE do que o éter metílico.
- c) O n-heptano tem menor PE do que o n-hexano.
- d) A trimetilamina tem menor PE do que a propilamina.
- e) A dimetilamina tem menor PE do que a trimetilamina.

16. (ITA-2007)

Assinale a opção que indica a substância que, entre as cinco, apresenta a maior temperatura de ebulição à pressão de 1 atm.

- a) H_3CCHO
- b) H_3CCOCH_3
- c) H_3CCONH_2
- d) H_3CCOOH
- e) $H_3CCOOCH_3$

17. (ITA-2007)

Em junho deste ano, foi noticiado que um caminhão transportando cilindros do composto t-butil mercaptana (2-metil-2-propanotiol) tombou na Marginal Pinheiros – cidade de São Paulo. Devido ao acidente, ocorreu o vazamento da substância. Quando adicionada ao gás de cozinha, tal substância fornece-lhe um odor desagradável. Assinale a opção que indica a fórmula molecular CORRETA desse composto.

- a) $(CH_3)_3CNH_2$



- b) $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$
- c) $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_3$
- d) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{NH}_2$
- e) $(\text{CH}_3)_3\text{CSCH}_2\text{OH}$

18. (ITA-2007)

Realizaram-se testes de solubilidade de pequenas porções de compostos orgânicos constituídos de cinco átomos de carbono, denominados de A, B, C, D e E.

São fornecidos os seguintes resultados dos testes de solubilidade em vários solventes:

Teste 1. Os compostos A, B, C, D e E são solúveis em éter etílico.

Teste 2. Somente os compostos B, C e D são solúveis em água pura.

Teste 3. Somente os compostos B, C e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de hidróxido de sódio.

Teste 4. Somente os compostos D e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico.

Considere sejam feitas as seguintes identificações:

I – O composto A é o n-pentano.

II – O composto B é o 1-pentanol.

III – O composto C é o propionato de etila.

IV – O composto D é a pentilamina.

V – O composto E é o ácido pentanóico.

Então, das identificações acima, estão **NECESSARIAMENTE ERRADAS**:

- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I, III e IV.
- c) Apenas II e IV.
- d) Apenas III e V.
- e) Apenas IV e V.

19. (ITA – 2006)

Considere uma amostra nas condições ambientes que contém uma mistura racêmica constituída das substâncias dextrógira e levógira do tartarato duplo de sódio e amônio. Assinale a opção que contém o método mais adequado para a separação destas substâncias.

- a) Catação.
- b) Destilação.



- c) Levigação.
- d) Filtração.
- e) Centrifugação.

1. (ITA – 1997)

Considere as afirmações:

- I. Propanal é um isômero da propanona.
- II. Etil-metil-éter é um isômero do 2-propanol.
- III. 1-Propanol é um isômero do 2-propanol.
- IV. Propilamina é um isômero da trimetilamina.

Estão CORRETAS:

- a) Todas.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e IV.
- e) Apenas III e IV.



6.1. Gabarito

- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. discursiva | 11. A |
| 2. discursiva | 12. B |
| 3. discursiva | 13. discursiva |
| 4. D | 14. discursiva |
| 5. B | 15. D |
| 6. metilfenilcetona | 16. C |
| 7. A | 17. B |
| 8. discursiva | 18. D |
| 9. A | 19. A |
| 10. E | 20. A |

7. Lista de Questões Comentadas

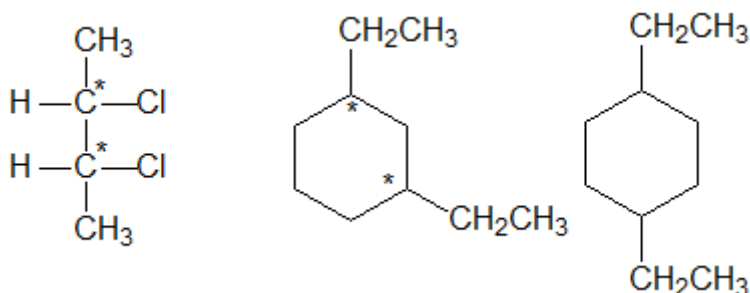
3. (ITA – 2020 – 2ª Fase)

Considere a conformação estrutural das moléculas 1,3-dietilcicloexano, 1,4-dietilcicloexano e 2,3-diclorobutano. Pedem-se:

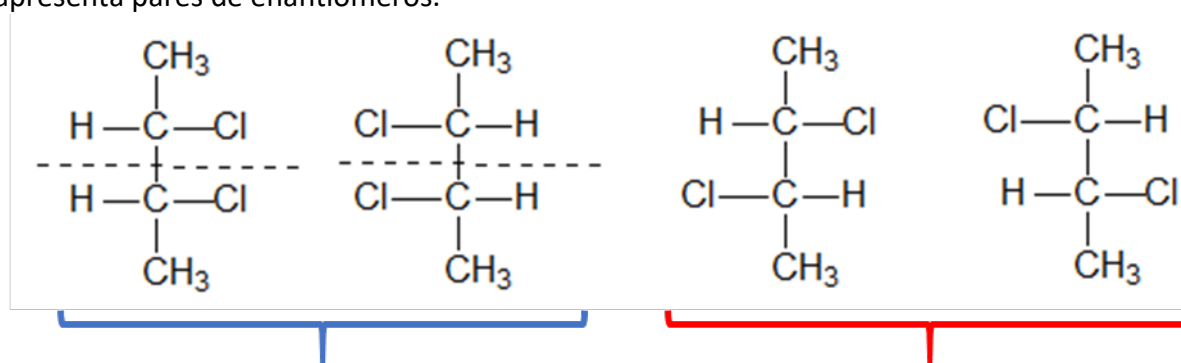
- Desenhe todas as estruturas conformacionais;
- Determine o número de centros quirais em cada molécula;
- Identifique todos os pares enantioméricos e os compostos meso, se presentes.

Comentários:

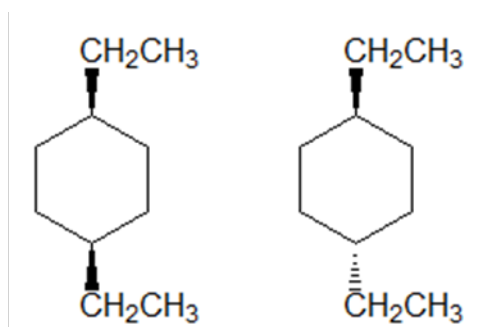
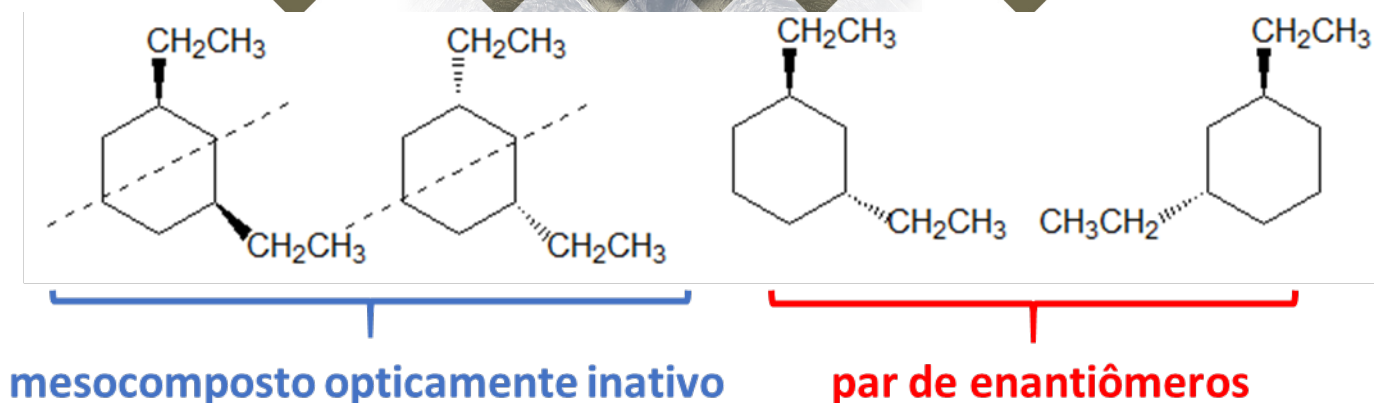
Vamos destacar os carbonos quirais presentes nas moléculas pedidas.



Observe que as moléculas de 2,3-diclorobutano e 1,3-dietilcicloexano apresentam dois carbonos quirais iguais. Portanto, elas apresentam um par de enantiômeros e um mesocomposto opticamente inativo. Já o 1,4-dietilcicloexano não apresenta carbono quiral. Esse composto apresenta isomeria cis-trans, mas não apresenta pares de enantiômeros.



mesocomposto opticamente inativo **par de enantiômeros**



**par de diastereoisômeros
opticamente inativos**

Gabarito: discursiva

4. (ITA-2018)

Considere as proposições a seguir:

I – O alceno C_6H_{12} apresenta cinco isômeros.

II – Existem três diferentes compostos com a fórmula $C_2H_2Cl_2$

III – Existem quatro diferentes éteres com a fórmula molecular $C_4H_{10}O$

IV – O trimetilbenzeno tem três isômeros estruturais.

Das proposições acima, estão CORRETAS:

- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II, III e IV.
- d) Apenas II e IV.
- e) Todas.

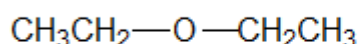
Comentários

I – ERRADO. O alceno em questão apresenta muito mais do que quatro isômeros.

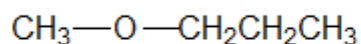
Podemos citar os isômeros de posição: hex-1-eno, hex-2-eno, hex-3-eno. Com cadeia cíclica, temos: ciclohexano, metil-ciclopentano, 1,1-dimetil-ciclobutano, 1,2-dimetil-ciclobutano. Só aí, já temos 7 isômeros e ainda existem outros de cadeia aberta e ramificada.

II – CERTO. São eles: 1,1-dicloro-etano e o 1,2-dicloro-etano que apresenta os isômeros E e Z.

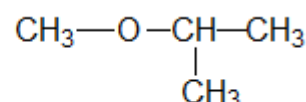
III – ERRADO. Forçando a barra, encontramos três éteres. São eles:



etoxietano



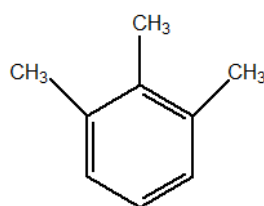
metoxipropano



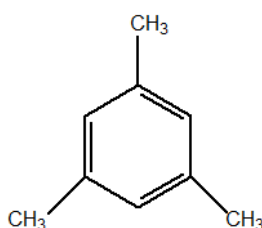
éter metil-isopropílico

Vale ressaltar que os éteres com carbonos terciários ou quaternários ligados ao oxigênio não são comuns.

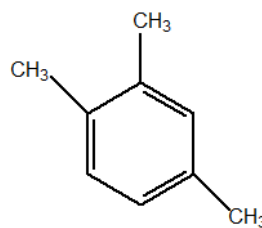
IV – CERTO. Com o nome trimetilbenzeno, realmente, só existem três possibilidades. São elas:



vicinal



simétrico



antissimétrico

Sendo assim, teríamos o gabarito na letra D. A despeito disso, o ITA optou por anular a questão sob o confuso argumento:

“Uma das proposições permite uma dupla interpretação, contradizendo outra proposição e levando a nenhuma alternativa estar correta.”

Gabarito: D

5. (ITA – 2017 – adaptada)

São feitas as seguintes proposições a respeito dos hidrocarbonetos cuja fórmula molecular é C_5H_{10} :

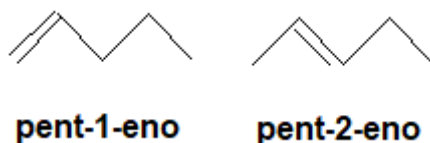
- I. Existem apenas seis isômeros do C_5H_{10} .
- II. Pelo menos um dos isômeros do C_5H_{10} é quiral.

Das proposições acima é (são) CORRETA(S)

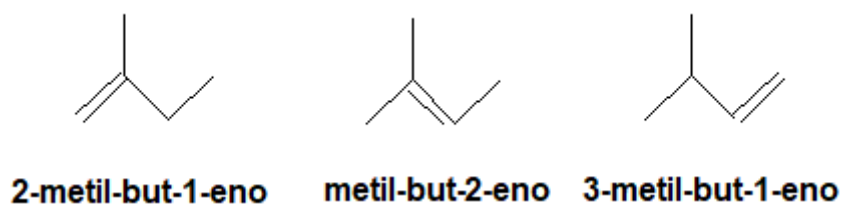
- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) I e II.
- d) nenhuma

Comentários

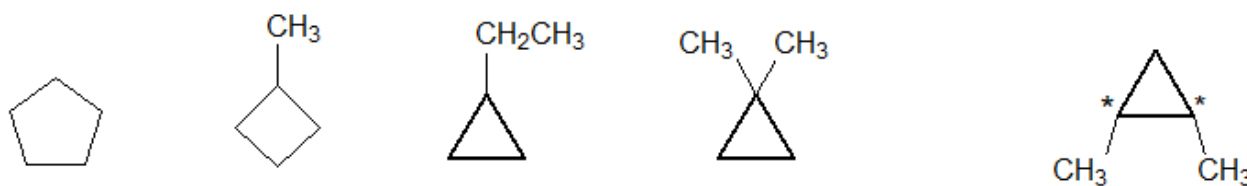
I – Podemos construir vários isômeros. Começamos pelo isômeros de cadeia normal.



Além desses, podemos construir os isômeros de cadeia ramificada, que possuam quatro carbonos na cadeia principal. Não é possível construir com apenas 3 carbonos na cadeia principal.



Vale lembrar que os compostos de cadeia insaturada são isômeros dos compostos de cadeia cíclica.



ciclopentano metil-butano etil-butano 1,1-dimetil-ciclopropano 1,2-dimetil-ciclopropano

Sendo assim, só considerando os isômeros constitucionais, são 10 isômeros. Vale lembrar que alguns deles ainda possuem isômeros ópticos e geométricos. Portanto, está errada a afirmativa.

II – O 1,2-dimetil-ciclopropano possui carbonos quirais e iguais, portanto, possui um par de enantiômeros e um mesocomposto. Afirmação correta.

Gabarito: B

6. (ITA-2015)

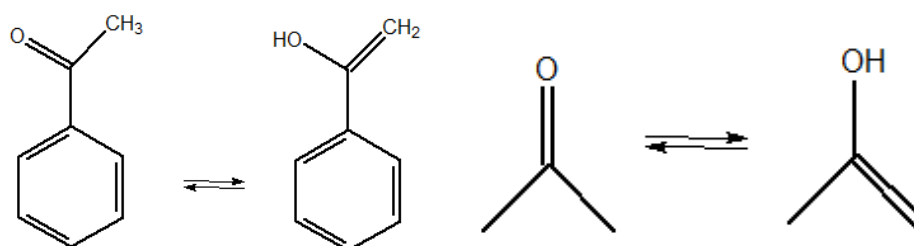
Considere os compostos orgânicos metilfenilcetona e propanona.

a) Apresente a equação química que representa o equilíbrio tautomérico para cada um dos compostos.

b) Qual das duas cetonas acima tem maior conteúdo enólico? Justifique.

Comentários

Ambas as cetonas encontram-se em equilíbrio tautomérico, de acordo com a equação:



Devido ao anel benzênico, que contribui para estabilizar por ressonância o enol, a metilfenilcetona apresenta um maior conteúdo enólico que a propanona.

Gabarito: metilfenilcetona

7. (ITA – 2012)

São feitas as seguintes afirmações em relação à isomeria de compostos orgânicos:

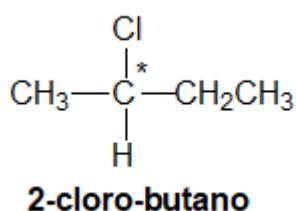
- I. O 2-cloro-butano apresenta dois isômeros óticos.
- II. O *n*-butano apresenta isômeros conformacionais.
- III. O metil-ciclo-propano e o ciclo-butano são isômeros estruturais.
- IV. O alceno de fórmula molecular C_4H_8 apresenta um total de três isômeros.
- V. O alceno de fórmula molecular C_5H_{12} apresenta um total de dois isômeros.

Das afirmações acima, está(ão) CORRETA(S) apenas

- a) I, II e III.
- b) I e IV.
- c) II e III.
- d) III, IV e V.
- e) IV e V.

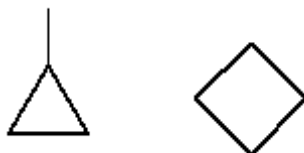
Comentários

I – De fato, o 2-cloro-butano possui um carbono quiral, portanto, apresenta um par de enantiômeros. Afirmação correta.

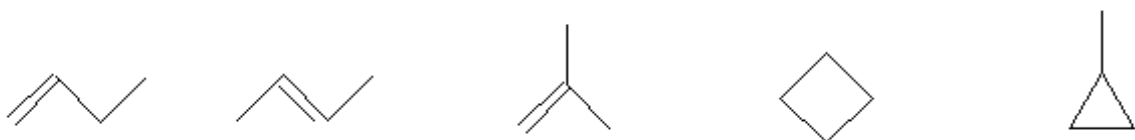


II – De fato, o *n*-butano apresenta várias conformações diferentes. Basta imaginar diferentes rotações em torno de qualquer uma das ligações sigma. Porém, não existem isômeros conformacionais. Os confôrmeros são representações diferentes do mesmo composto, portanto, não são isômeros. A despeito disso, o ITA deu essa questão como certa. Afirmação correta.

III – De fato, são isômeros de cadeia – o metil-ciclopropano é de cadeia ramificada, enquanto que o ciclobutano é de cadeia normal. Afirmação correta.



IV – Somente contando os isômeros planos, existem 6 isômeros diferentes.



but-1-eno

but-2-eno

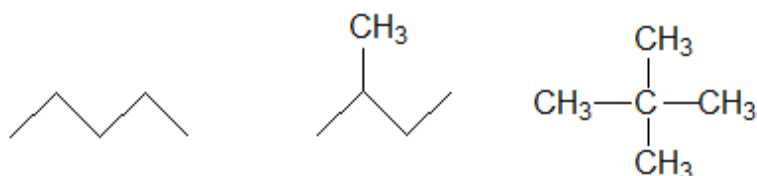
metilpropeno

ciclobutano

metil-ciclopropano

Além disso, o but-2-eno apresenta um par de isômeros geométricos. Portanto, existe um total de 7 isômeros de fórmula molecular C_4H_8 . Afirmação errada.

V – Com a fórmula C_5H_{12} , podemos encontrar três isômeros, sendo dois deles de cadeia ramificada: um, cuja cadeia principal tem quatro carbonos, e outro, cuja cadeia principal tem três carbonos. Afirmação errada.



pentano

metil-butano

dimetil-propano

Sendo assim, a meu ver, as afirmações I e III são as únicas corretas. A questão deveria ter sido anulada.

Gabarito: A

8. (TFC – Inédita)

Explique por que é impossível isolar em solução aquosa um dos isômeros ópticos do 2-aminopropanal.

Comentários

Se um dos isômeros fosse isolado, imediatamente, ele re-estabeleceria o equilíbrio tautomérico com o amino-enol correspondente. Como o amino-enol é aquiral, ele produziria novamente o outro isômero óptico.

Gabarito: discursiva

9. (TFC – Inédita)

Considere os seguintes compostos:

I – 1-cloro,3-bromo-propadieno

II – (E)-1,2-dicloro ciclobutano

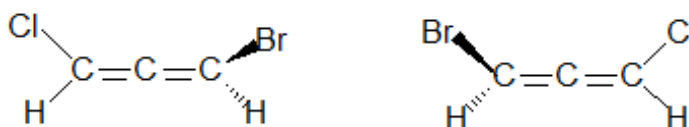
III – 2-hidróxi-2-cloro propano

Apresentam isomeria óptica:

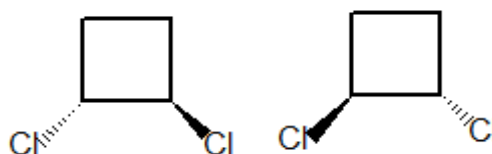
- a) Apenas I e II.
- b) Apenas I e III.
- c) Apenas II e III.
- d) Apenas II.
- e) Todos os compostos.

Comentários

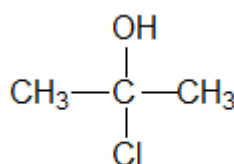
I – Os derivados alênicos apresentam isomeria óptica, mesmo sem possuir carbono quiral. Afirmação correta.



II – O isômero (E) ou trans não apresenta plano de simetria. Portanto, apresenta um par de enantiômeros. Observe que as moléculas a seguir são uma a imagem da outra no espelho e que elas não se superpõem. Afirmação correta.



III – A molécula não apresenta nenhum carbono quiral. Observe que o carbono central está ligado a dois grupos metila iguais.



Gabarito: A

10. (TFC – Inédita)

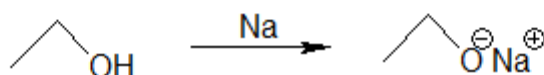
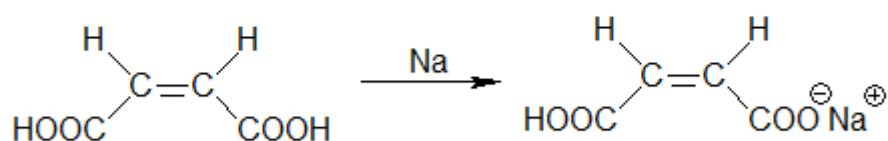
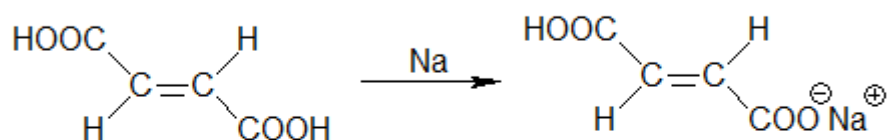
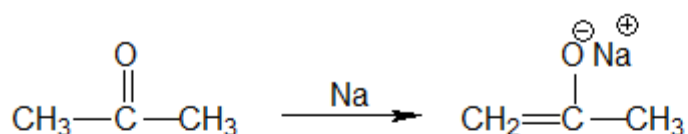
Assinale a alternativa que apresenta a substância que não reage com sódio metálico:

- a) Propanona.
- b) Ácido trans-butenóico.
- c) Ácido cis-butenóico.
- d) Etanol
- e) But-2-ino.

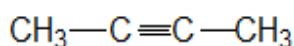
Comentários

São capazes de reagir com sódio metálico os compostos que possuem um hidrogênio com um mínimo caráter ácido.

A propanona é capaz de reagir com o sódio metálico, porque pode se tautomerizar, formando um enol. Os ácidos e os álcoois reagem diretamente com o sódio metálico através do hidrogênio do grupo –OH.



O but-2-ino, por sua vez, não apresenta nenhum hidrogênio ligado a um grupo eletronegativo. Portanto, não é capaz de reagir com o sódio metálico.



Gabarito: E

11. (TFC – Inédita)

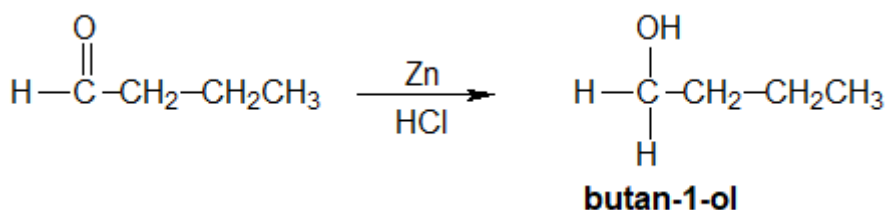
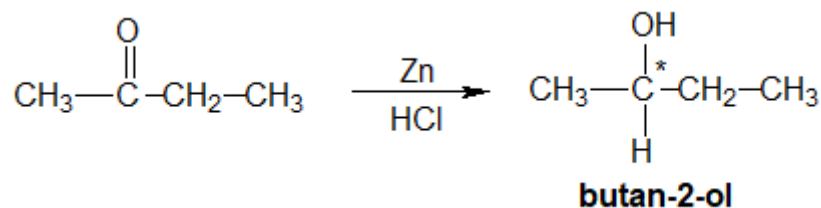
As reduções da butanona e do butanal com zinco, ácido clorídrico e níquel como catalisador produzem, respectivamente:

- a) A mistura racêmica do butan-2-ol e butan-1-ol.
- b) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e butan-1-ol.
- c) Ambas produzem butan-1-ol.
- d) Ambas produzem a mistura racêmica do butan-2-ol.
- e) Apenas um dos isômeros ópticos do butan-2-ol e a mistura racêmica do butan-2-ol.

Obs.: Considere que a redução de aldeídos e cetonas acontece com a quebra da ligação dupla e a adição de um átomo de hidrogênio ao carbono e outro ao oxigênio.

Comentários

Vamos escrever as reações de redução da butanona e do butanal.



A redução da butanona, que é opticamente inativa, produz um composto opticamente ativo em meio aquiral. Sempre que isso acontece, os dois enantiômeros são produzidos na proporção de 50% de cada, ou seja, a mistura racêmica.

Já a redução do butanal produz o butan-1-ol.

Gabarito: A

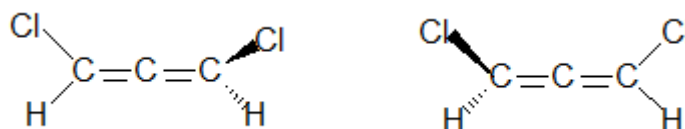
12. (TFC – Inédita)

Assinale a alternativa que apresenta um exemplo de composto opticamente ativo:

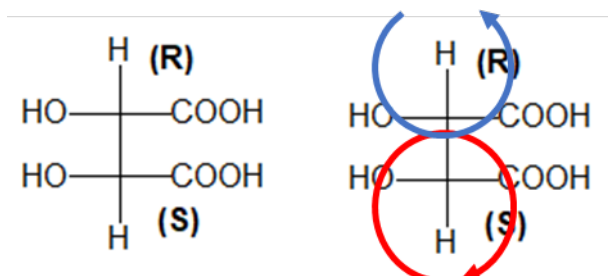
- a) 1,3-dicloroaleno.
- b) Ácido (2R),(3S) 2,3-dihidroxi-butanodióico.
- c) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio quiral.
- d) Hexano preparado a partir de substâncias quirais em meio aquiral.
- e) Glicose preparada a partir de substâncias inorgânicas em um meio aquiral.

Comentários

- a) Vale lembrar que o 1,3-dicloroaleno é um dos casos mais importantes de isomeria óptica em que não existe carbono quiral. Afirmação correta.



- b) Desenhando a Projeção de Fischer referente ao isômero citado, temos que esse é exatamente o mesocomposto, em que há compensação interna, portanto, não apresenta atividade óptica.



c) e d) Errado. O hexano não apresenta isomeria óptica, independente da reação que foi utilizada para a sua preparação.

e) Errado. Se a glicose for preparada a partir de substâncias aquirais em meio aquiral, o produto será a mistura racêmica.

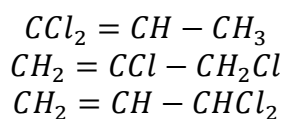
Gabarito: B

13. (ITA-2010)

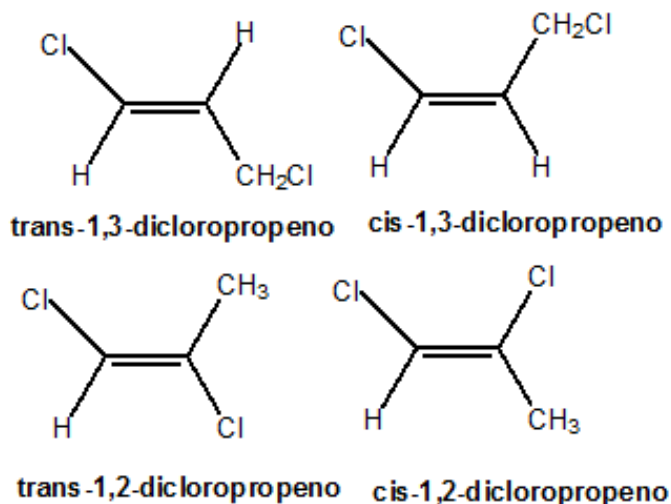
Dada a fórmula molecular $C_3H_4Cl_2$, apresente as fórmulas estruturais dos compostos de cadeia aberta que apresentam isomeria geométrica e dê seus respectivos nomes.

Comentários

Os compostos $C_3H_4Cl_2$ de cadeia aberta possuem uma ligação dupla. Haverá isomeria geométrica quando os dois carbonos da dupla possuem ligantes diferentes. Sendo assim, os compostos em que o carbono da extremidade tem ligantes $CCl_2 =$ ou $CHCl_2 =$, ele não apresenta isomeria geométrica.



Apresentam isomeria geométrica os compostos, cujo carbono da extremidade possui dois ligantes diferentes, no caso, ele deve ser $CHCl =$. É o caso dos seguintes compostos.



Gabarito: discursiva

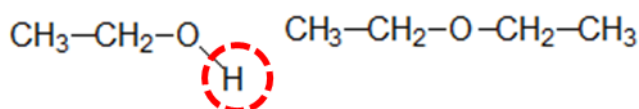
14. (TFC – Inédita)

Compare os pontos de ebulição entre os seguintes pares de isômeros:

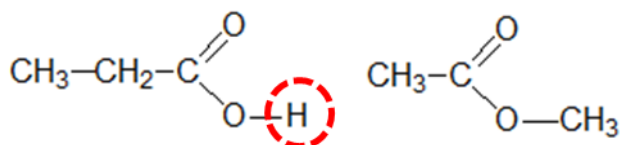
- a) Álcool etílico e éter etílico.
- b) Ácido propanoico e etanoato de metila.
- c) E-1,2-dicloroeteno e Z-1,2-dicloroeteno
- d) Ortoclorofenol e paraclorofenol.
- e) (R)-butan-2-ol e (S)-butan-2-ol.

Comentários

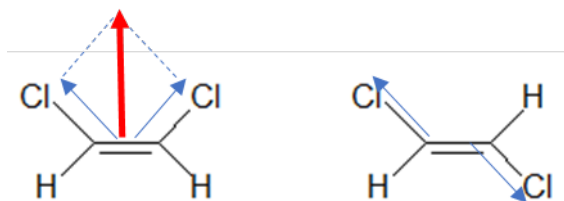
a) O álcool forma pontes de hidrogênio, enquanto que o éter é pouco polar. Portanto, o álcool deve ter maior temperatura de ebulição. Destacamos em vermelho o hidrogênio responsável pela formação de pontes de hidrogênio.



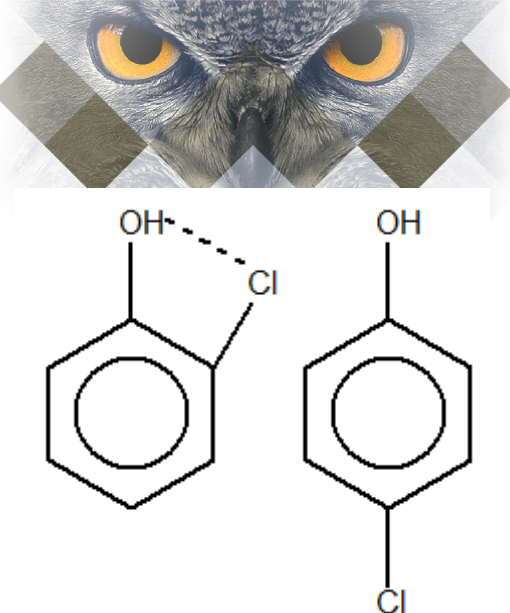
b) O ácido forma pontes de hidrogênio, enquanto que o éster não. Portanto, o ácido deve ter maior temperatura de ebulição. Destacamos em vermelho o hidrogênio responsável pela formação de pontes de hidrogênio.



c) O isômero **Z** é polar, enquanto que o **E** é apolar. Portanto, o isômero cis deve apresentar maior temperatura de ebulição.



d) O ortoclorofenol pode formar pontes de hidrogênio intramoleculares, que não contribuem para o ponto de ebulição. Portanto, o paraclorofenol, que só forma pontes intermoleculares, deve apresentar a maior temperatura de ebulição.



e) Os dois isômeros do 2-butanol são enantiômeros, portanto devem apresentar a mesma temperatura de ebulição.

Gabarito: discursiva

15. (ITA-2009)

Assinale a afirmação CORRETA a respeito do ponto de ebulição normal (PE) de algumas substâncias.

- a) O 1-propanol tem menor PE do que o etanol.
- b) O etanol tem menor PE do que o éter metílico.
- c) O n-heptano tem menor PE do que o n-hexano.
- d) A trimetilamina tem menor PE do que a propilamina.
- e) A dimetilamina tem menor PE do que a trimetilamina.

Comentários

Vamos analisar cada uma das afirmativas.

a) Ambos formam pontes de hidrogênio, porém, o etanol tem menor massa, portanto menor ponto de ebulição. Afirmação errada.

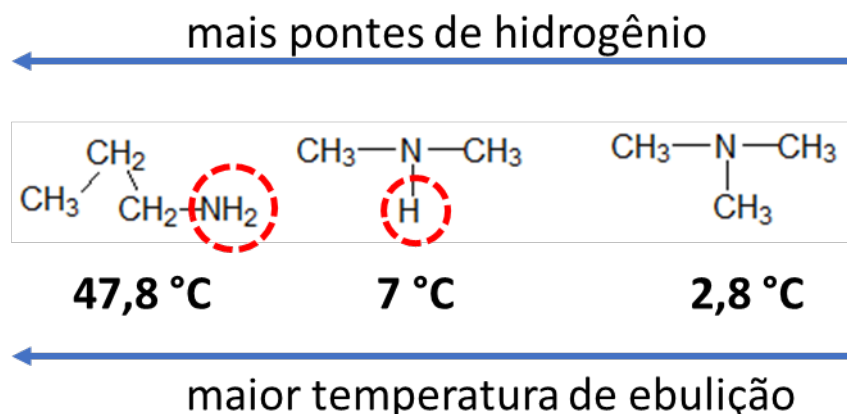
b) O etanol forma pontes de hidrogênio, mas o éter não, apenas forma interações dipolo-dipolo.

Portanto, o etanol apresenta maior ponto de ebulição. Afirmação errada.

c) Os dois compostos são apolares, portanto, o n-heptano (C_7H_{16}), que possui maior massa, apresentará também maior ponto de ebulição que o n-hexano (C_6H_{14}).

d) A n-propilamina ($CH_3CH_2\dot{N}H_2$) forma pontes de hidrogênio, enquanto que a trimetilamina não. Portanto, a n-propilamina deve apresentar maior PE. Afirmação correta.

e) A dimetilamina ($\text{CH}_3\ddot{\text{N}}\text{HCH}_3$), apesar de possuir menor massa, forma pontes de hidrogênio, enquanto que a trimetilamina não. Portanto, a dimetilamina deve apresentar maior PE. Afirmação errada.



Gabarito: D

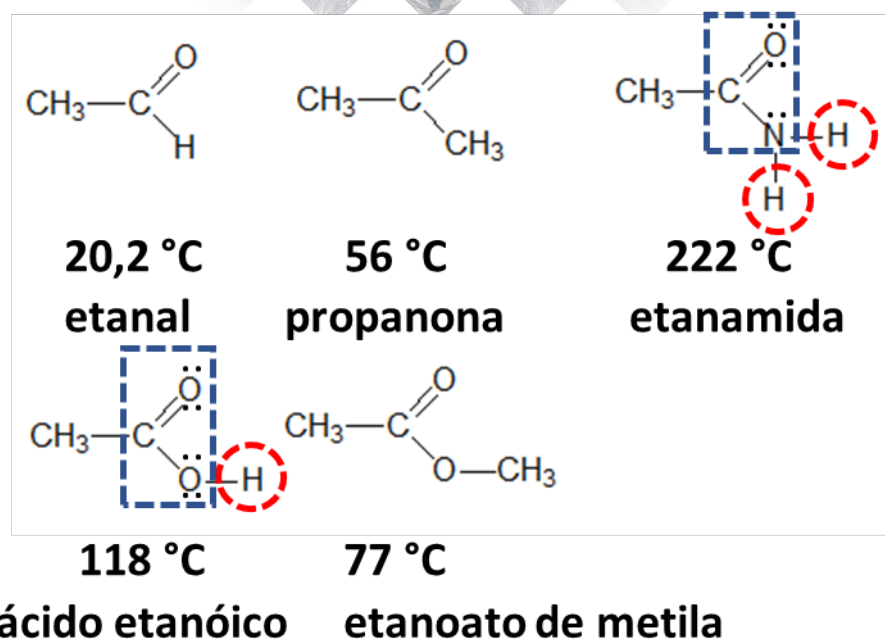
16. (ITA-2007)

Assinale a opção que indica a substância que, entre as cinco, apresenta a maior temperatura de ebulição à pressão de 1 atm.

- a) H_3CCHO
- b) H_3CCOCH_3
- c) H_3CCONH_2
- d) H_3CCOOH
- e) $\text{H}_3\text{CCOOCH}_3$

Comentários

A temperatura de ebulição de um composto depende fundamentalmente das suas forças intermoleculares. Destacamos em vermelho os átomos de hidrogênio ionizáveis, ou seja, aqueles que podem ser receptores de elétrons em ligações de hidrogênio. Destacamos em azul os átomos que possuem pares de elétrons não-ligantes e que podem atuar como doadores de elétrons nas ligações de hidrogênio.



Observe que a etanamida possui dois hidrogênios que podem ser receptores de elétrons e dois átomos que podem ser doadores nas ligações de hidrogênio. Por outro lado, o ácido etanoico possui apenas um hidrogênio receptor. Portanto, a etanamida deve apresentar maior ponto de ebulição.

Gabarito: C

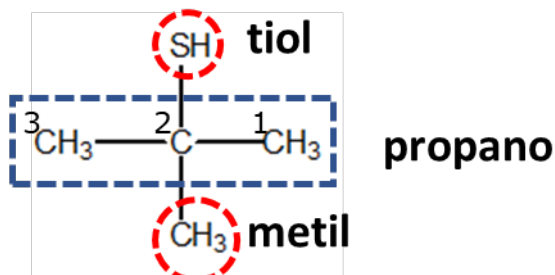
17. (ITA-2007)

Em junho deste ano, foi noticiado que um caminhão transportando cilindros do composto *t*-butil mercaptana (2-metil-2-propanotiol) tombou na Marginal Pinheiros – cidade de São Paulo. Devido ao acidente, ocorreu o vazamento da substância. Quando adicionada ao gás de cozinha, tal substância fornece-lhe um odor desagradável. Assinale a opção que indica a fórmula molecular CORRETA desse composto.

- a) $(\text{CH}_3)_3\text{CNH}_2$
- b) $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$
- c) $(\text{CH}_3)_3\text{CNHCH}_3$
- d) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{NH}_2$
- e) $(\text{CH}_3)_3\text{CSCH}_2\text{OH}$

Comentários

Os compostos sulfurados apresentam, de maneira geral, o cheiro característico. Pela nomenclatura IUPAC fornecida, o composto 2-metil-2-propanotriol é:



Vale lembrar que, em 2007, a nomenclatura 2-propanotiol ainda era aceitável. Modernamente, a IUPAC recomenda propano-2-tiol.

Gabarito: B

18. (ITA-2007)

Realizaram-se testes de solubilidade de pequenas porções de compostos orgânicos constituídos de cinco átomos de carbono, denominados de A, B, C, D e E.

São fornecidos os seguintes resultados dos testes de solubilidade em vários solventes:

Teste 1. Os compostos A, B, C, D e E são solúveis em éter etílico.

Teste 2. Somente os compostos B, C e D são solúveis em água pura.

Teste 3. Somente os compostos B, C e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de hidróxido de sódio.

Teste 4. Somente os compostos D e E são solúveis em uma solução aquosa diluída de ácido clorídrico.

Considere sejam feitas as seguintes identificações:

I – O composto A é o n-pentano.

II – O composto B é o 1-pentanol.

III – O composto C é o propionato de etila.

IV – O composto D é a pentilamina.

V – O composto E é o ácido pentanóico.

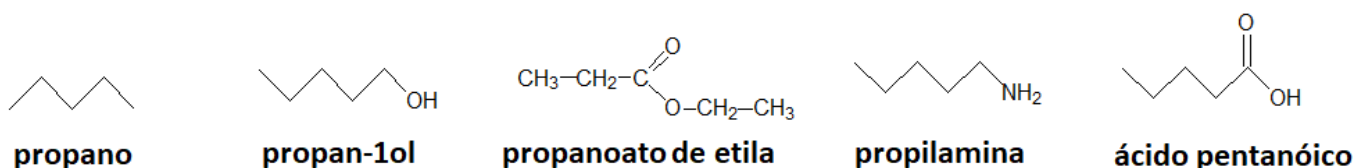
Então, das identificações acima, estão NECESSARIAMENTE ERRADAS:



- a) Apenas I, II e IV.
- b) Apenas I, III e IV.
- c) Apenas II e IV.
- d) Apenas III e V.
- e) Apenas IV e V.

Comentários

O éter etílico pode dissolver tanto substâncias apolares como substâncias polares, portanto pode dissolver todos os compostos citados.



A água pura deve dissolver compostos polares, como o ácido pentanóico. Como o composto E não é solúvel em água, ele não pode ser o ácido pentanóico. Portanto, a V é necessariamente errada.

Em solução aquosa de hidróxido de sódio, de fato o 1-pentanol deve ser solúvel, portanto, o composto B pode ser ele. No entanto, o propionato de etila deveria reagir, formando sal propionato de sódio e etanol. Embora ambos os compostos são solúveis, o ITA entendeu que não se trata de uma dissolução, mas sim de uma reação química. Com isso, considerou que C não pode ser o propanoato de etila, portanto, a III está necessariamente errada.

Em solução ácida, realmente o 1-pentanol não deve se dissolver, porque possui ligeiro caráter ácido. Logo, não há nenhum problema em B ser o 1-pentanol. O propionato deve hidrolisar, formando ácido propiônico e etanol, ambos solúveis. E a pentilamina deve ser solúvel.

Portanto, somente as afirmações III e V são necessariamente erradas.

Gabarito: D

19. (ITA – 2006)

Considere uma amostra nas condições ambientes que contém uma mistura racêmica constituída das substâncias dextrógira e levógira do tartarato duplo de sódio e amônio. Assinale a opção que contém o método mais adequado para a separação destas substâncias.

- a) Catação.
- b) Destilação.
- c) Levigação.
- d) Filtração.
- e) Centrifugação.

Comentários

Questão que cobrou histórica da Química de maneira bem suave. Uma mistura racêmica não pode ser separada por métodos físicos, como destilação, levigação, filtração ou centrifugação.

Porém, se resfriada lentamente, os cristais se apresentam na forma de um a imagem do outro, portanto, o par de enantiômeros pode ser separado por catação.

Foi exatamente assim que Louis Pasteur fez a primeira separação da história de uma mistura de enantiômeros.

Gabarito: A

20. (ITA – 1997)

Considere as afirmações:

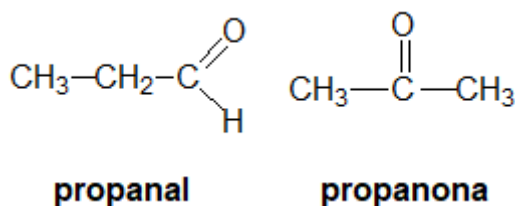
- I. Propanal é um isômero da propanona.
- II. Etil-metil-éter é um isômero do 2-propanol.
- III. 1-Propanol é um isômero do 2-propanol.
- IV. Propilamina é um isômero da trimetilamina.

Estão CORRETAS:

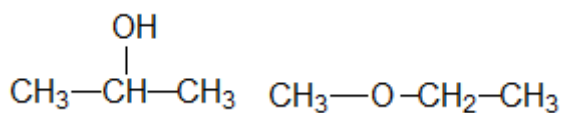
- a) Todas.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I e II.
- d) Apenas II e IV.
- e) Apenas III e IV.

Comentários

I – O propanal e a propanona são sim isômeros de fórmula molecular C_3H_6O . Observe que é uma regra geral que aldeídos sejam isômeros de cetonas.



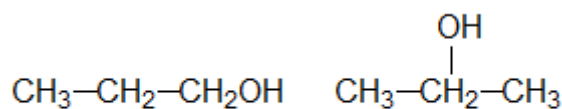
II – Outra regra geral é que álcoois sejam isômeros de éteres. Os dois compostos citados são isômeros de fórmula molecular C_3H_8O .



propan-2-ol

**etil-metil-éter
(metoxietano)**

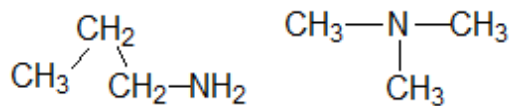
III – Os álcoois propano-1-ol e propano-2-ol são isômeros de posição, de fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.



propan-1-ol

propan-2-ol

IV – As duas aminas também são isômeros.



propilamina

trimetilamina

Gabarito: A