

## **Aula 00**

*ANVISA (Especialista em Regulação e  
Vigilância Sanitária - Área 1)  
Conhecimentos Específicos - Parte I -  
2024 (Pós-Edital)*

Autor:

**Diego Souza, Guilherme Gasparini**

18 de Janeiro de 2024

# Índice

1) Introdução à Química Orgânica, Hibridização e Geometria do Carbono - Questões Comentadas CEBRASPE .....	3
2) Introdução à Química Orgânica, Hibridização e Geometria do Carbono - Lista de Questões CEBRASPE .....	12
3) Introdução à Química Orgânica, Hibridização e Geometria do Carbono - Teoria .....	18
4) Introdução à Química Orgânica, Hibridização e Geometria do Carbono - Questões Comentadas .....	57
5) Introdução à Química Orgânica, Hibridização e Geometria do Carbono - Lista de Questões .....	77



## QUESTÕES COMENTADAS - CEBRASPE

### Introdução à química orgânica, hibridização e geometria do carbono

1. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal Oficial (PC PB)/2022) A química orgânica é o ramo da química que trata da obtenção, da análise, da determinação da estrutura e do uso dos compostos orgânicos. No que se refere a esse tema, assinale a opção correta.

- a) O biodiesel é preparado a partir de óleos vegetais.
- b) O fenol é um exemplo de álcool.
- c) A cafeína é usada como calmante.
- d) Herbicidas são utilizados para combater as pragas de insetos.
- e) Caso se realize a análise da acerola, será encontrada, como componente principal, a vitamina B.

#### Comentários:

Letra A: correta. Perfeito! O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de fontes vegetais ou animais. Pode ser obtido a partir de uma reação de transesterificação, na qual são misturados óleo vegetal ou gordura animal em metanol ou etanol, na presença de um catalisador, para formar éster e glicerina. A obtenção do biodiesel a partir desses óleos vegetais é uma alternativa aos combustíveis fósseis, que são altamente poluentes e contribuem para o aquecimento global.

Letra B: incorreta. Fenol e álcool são duas funções orgânicas diferentes que apresentam o mesmo grupo funcional, a hidroxila. No caso do fenol, a hidroxila liga-se a um anel aromático, e no álcool ela se liga a um carbono saturado.

Letra C: incorreta. A cafeína é uma substância estimulante do sistema nervoso central e não é usada como calmante. Ela é encontrada em diversos produtos, como café, chá, refrigerantes e energéticos.

Letra D: incorreta. Os herbicidas são agentes biológicos ou substâncias químicas capazes de matar ou suprimir o crescimento de espécies específicas de plantas. Para combater as pragas de insetos são utilizados os inseticidas.

Letra E: incorreta. A acerola é uma fruta rica em vitamina C e não em vitamina B. A vitamina B é encontrada em outros alimentos, como carnes, ovos, leites e cereais integrais.

**Resposta: letra A**

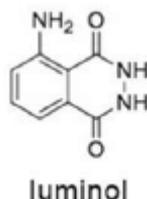
#### Texto associado

O luminol é o mais eficiente detector de sangue oculto em cenas de crime contra a vida, por meio da utilização de borrifadores ou de um luminômetro portátil. Ele reage quimicamente, liberando energia (fótons) sob a forma de uma luz azul, por meio de uma reação denominada



quimiluminescência. Ao ser aplicado na detecção de traços de sangue oculto e entrar em contato com o ferro coordenado presente na hemoglobina (não sendo este consumido durante o processo), seguido do tratamento com água oxigenada em meio básico, o luminol promove a formação de fótons sob a forma de uma luz azulada.

Internet: <<https://lasape.iq.ufrj.br>> (com adaptações).

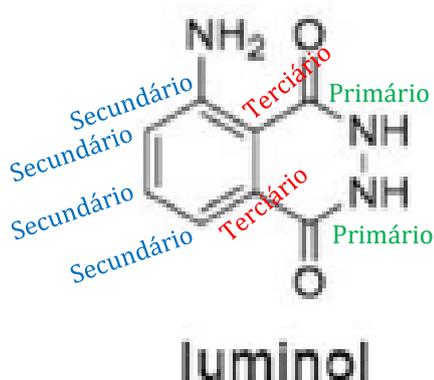


Internet: <[www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)>.

Tendo como referência a estrutura do luminol, apresentada anteriormente, e as informações do texto precedente, julgue o item a seguir, considerando que  $M_H = 1$  g/mol,  $M_C = 12$  g/mol,  $M_N = 14$  g/mol e  $M_O = 16$  g/mol.

2. (CEBRASPE (CESPE) - Oficial Policial Militar (PM AL)/2021) O luminol é um composto orgânico cuja estrutura apresenta dois carbonos primários, quatro carbonos secundários e dois carbonos terciários.

Comentários:

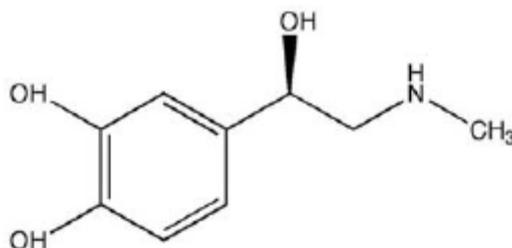


Resposta: certo

3. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (SEED PR)/Química/2021) A adrenalina, também conhecida como epinefrina, é um hormônio liberado na corrente sanguínea que tem a função de atuar sobre o sistema cardiovascular e manter o corpo em alerta para situações de fortes emoções ou estresse, como luta, fuga, excitação ou medo.

Internet: <[www.tuasaude.com/adrenalina](http://www.tuasaude.com/adrenalina)>.

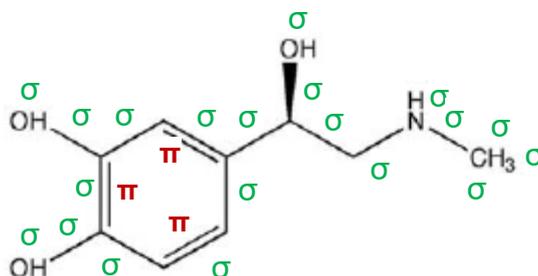




Considerando-se a fórmula estrutural da adrenalina, representada na figura precedente, é correto afirmar que o número de ligações sigma e pi presentes em uma molécula de adrenalina corresponde, respectivamente, a

- a) 13 e 3.
- b) 23 e 3.
- c) 28 e 4.
- d) 24 e 3.
- e) 26 e 3.

**Comentários:**

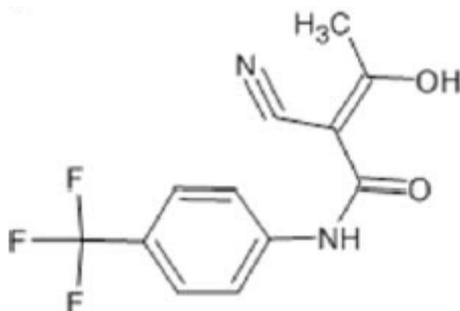


Estão representadas 3 ligações pi e 20 ligações sigma na estrutura acima, porém devemos lembrar dos hidrogênios ocultos da estrutura o qual estão ligados a cinco átomos de carbono e que no total somam 6 ligações C-H, totalizando 26 ligações sigma.

**Resposta: letra E**

4. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (SEED PR)/Química/2021) A próxima figura representa a estrutura química da teriflunomida, um agente imunomodulador e anti-inflamatório utilizado no tratamento de primeira linha de pacientes com esclerose múltipla.

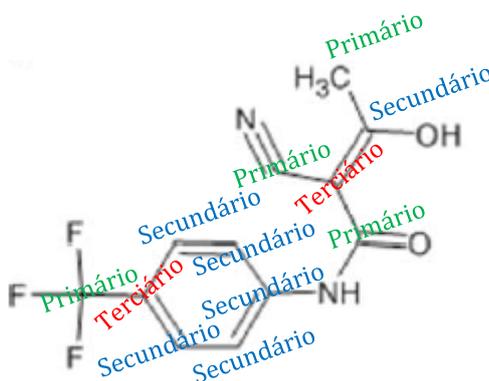




**Na estrutura química da teriflunomida, existem**

- a) 4 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 1 carbono terciário.
- b) 4 carbonos primários, 6 carbonos secundários e 2 carbonos terciários.
- c) 3 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 2 carbonos quaternários.
- d) 3 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 2 carbonos terciários.
- e) 5 carbonos primários, 6 carbonos secundários e 1 carbono quaternário.

**Comentários:**



Lembrem-se carbono primário: ligado a um carbono; secundário: ligado a dois; terciário ligado a três e quaternário ligado a quatro

**Resposta: letra B**

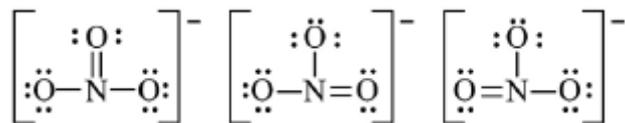
**5. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (IFF)/Química I/2018) O benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e o íon nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) são exemplos de híbridos de ressonância. A esse respeito, assinale a opção correta.**

- a) Entre as seis ligações entre carbonos presentes na molécula de benzeno, a existência de três ligações mais curtas indica que o benzeno é um híbrido de ressonância.
- b) Um híbrido de ressonância oscila entre as possíveis estruturas de Lewis para o composto.
- c) Nas estruturas de Lewis que representam o benzeno, há alternância entre um e dois átomos de hidrogênio ligados aos átomos de carbono.



d) A estrutura de Kekulé evidencia a existência de um único tipo do composto dicloro-benzeno no qual os dois átomos de cloro estão ligados a carbonos adjacentes.

e) A seguir, são apresentadas as três possíveis estruturas de Lewis para o nitrato.



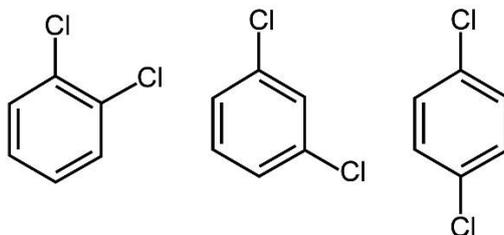
### Comentários:

Letra A: incorreta. O benzeno é um exemplo de híbrido de ressonância, mas não é pela existência de três ligações mais curtas entre carbonos na molécula. Na verdade, as seis ligações entre carbonos do benzeno são iguais e intermediárias entre uma ligação simples e uma ligação dupla, formando um anel de seis átomos de carbono com deslocalização eletrônica.

Letra B: incorreta. Um híbrido de ressonância não oscila entre possíveis estruturas de Lewis, mas sim é uma combinação de várias estruturas de ressonância que explicam a deslocalização eletrônica presente na molécula.

Letra C: incorreta. Nas estruturas de Lewis que representam o benzeno, há ligações duplas alternadas.

Letra D: incorreta. Kekulé sugeriu que a molécula de benzeno tem uma estrutura planar, simétrica em forma de anel. A estrutura de Kekulé é uma das possíveis estruturas de ressonância do benzeno, que apresenta três tipos de compostos dicloro-benzeno (orto, meta e para), dependendo de qual par de átomos de carbono adjacentes os átomos de cloro estão ligados.



Letra E: correta. Nitrogênio realiza 3 ligações covalentes, o oxigênio 2 covalentes, logo o átomo central será o nitrogênio (o que faz mais ligações). O número de elétrons de valência no total é  $24 e^{-}$  ( $5 + 6 \times 3 + 1$ ). Assim, podemos traçar as ligações entre o átomo central e os ligantes, e adicionar os elétrons não ligante restantes nos átomos de oxigênio. Feito isto, não sobra nenhum elétron. No entanto, a quantidade de elétrons do átomo central corresponde a  $6 e^{-}$ ; nesse caso, devemos criar uma ligação dupla compartilhada, em que um dos oxigênios compartilha um dos seus pares de elétrons com o carbono. Sendo assim, o átomo central também completa seu octeto.

**Resposta: letra E**

**6. (CESPE - 2016 - POLÍCIA CIENTÍFICA - PE - Perito Criminal - Química) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação C=C, é correto afirmar que ela é formada**



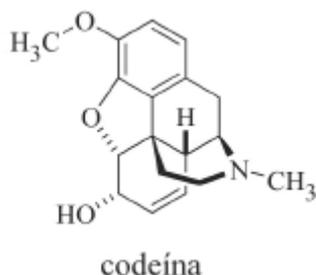
- a) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados p e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .
- b) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização sp e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados p.
- c) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados p.
- d) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados p.
- e) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

### Comentários:

A ligação C=C é formada por uma ligação  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ . A ligação  $\sigma$  é formada pela interação dos orbitais híbrido  $sp^2$  de cada átomo de carbono e a ligação  $\pi$  é formada pelas interações dos orbitais p de cada carbono.

**Resposta: letra C**

7. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal (PCie PE)/Química, Química Industrial ou Engenharia Química/2016) A codeína, cuja estrutura química está representada na figura precedente, é o princípio ativo de medicamentos utilizados no tratamento de dor moderada. Com relação à estrutura química da codeína, é correto afirmar que ela é constituída por



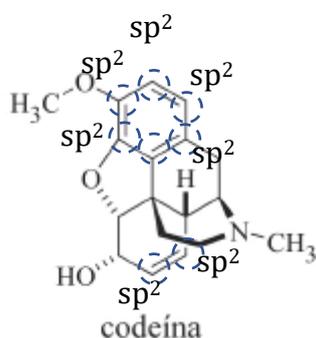
- a) um átomo de nitrogênio com hibridização  $sp^2$  e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- b) um átomo de nitrogênio com geometria trigonal plana e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- c) um átomo de nitrogênio com geometria piramidal e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- d) um átomo de nitrogênio com hibridização  $sp^2$  e oito átomos de carbono com geometria trigonal plana.
- e) um átomo de nitrogênio com geometria piramidal e dez átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .

### Comentários:



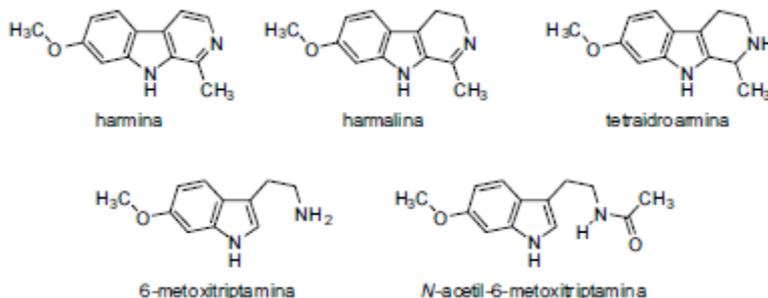
Conforme demonstrado abaixo, a codeína contém 8 átomos de carbonos com hibridização  $sp^2$ , cuja geometria é trigonal planar. Por outro lado, o nitrogênio apresenta hibridização  $sp^3$ , arranjo eletrônico tetraédrico e geometria molecular pirâmide trigonal, lembre-se do nitrogênio da amônia.

Carbono ligado a	Hibridização	Ligação
4 átomos diferentes	$sp^3$	
3 átomos diferentes	$sp^2$	
2 átomos diferentes	$sp$	
		



Resposta: letra C

8. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal (PCie PE)/Química, Química Industrial ou Engenharia Química/2016) Ayahuasca é uma bebida produzida a partir de duas plantas amazônicas, Banisteriopsis caapi e Psychotria viridis, utilizada em rituais religiosos. Nessa bebida podem ser encontradas as substâncias harmina, harmalina e tetraidroarmina, as quais atuam no sistema nervoso central. Com base nessa informação e nas estruturas químicas mostradas abaixo, julgue o item a seguir.



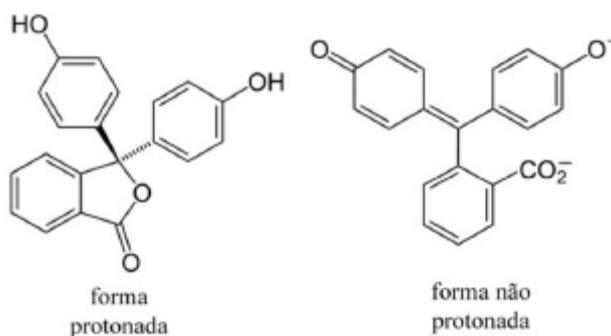
O átomo de carbono da ligação  $C=O$  da N-acetil-6-metoxitriptamina apresenta hibridização  $sp^2$  de acordo com a teoria da ligação de valência.

**Comentários:** Perfeito! O carbono que se liga a apenas 3 átomos, fazendo, com o oxigênio, dupla ligação, o que totaliza 4 ligações, apresenta hibridização  $sp^2$  (1 orbital  $s$  hibridiza com 2 orbitais  $p$ ). Note que o carbono passa a apresentar 3 orbitais híbridos  $sp^2$ , os quais formam as 3 ligações simples, e 1 orbital  $p$  não hibridizado que formará a dupla ligação.



Resposta: certo

9. (CEBRASPE (CESPE) - (ANP) /2013) Para ser comercializado, o biodiesel deve obedecer a uma série de especificações, como, por exemplo, o índice de acidez. Esse índice é determinado dissolvendo-se uma massa conhecida do biodiesel em álcool etílico a 95% e, em seguida, titulando-se a mistura com uma solução aquosa de KOH. Como indicador, utiliza-se a fenolftaleína, que atinge coloração rosa, após adição de base acima de determinado pH, e cujas as formas, protonada e não protonada, são apresentadas nas figuras abaixo.



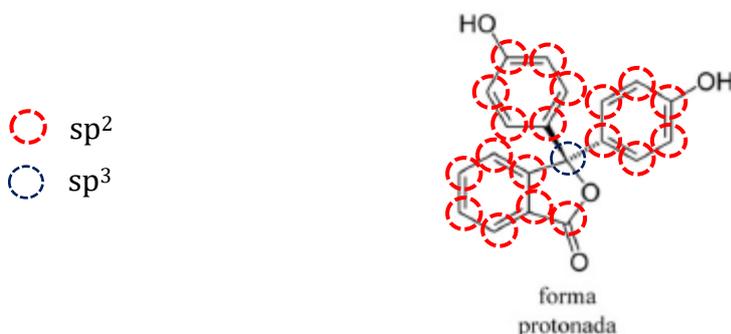
O índice de acidez é considerado como a quantidade, em miligramas, de KOH necessária para neutralizar 1,0 g da amostra, sendo que o valor máximo estabelecido pela norma ASTM D6751 é de 0,5 mg de KOH/g de amostra.

Considerando as informações acima e a massa molar do KOH, com valor igual a 56,1 g/mol, julgue o item subsequente.

Na forma não protonada da fenolftaleína, todos os átomos de carbono apresentam hibridização  $sp^2$ , enquanto na forma protonada há um carbono com hibridização  $sp^3$ .

Comentários:

Exato. Na forma protonada há um carbono com hibridização  $sp^3$ .



Resposta: certo

10. (CESPE - Perito Criminal/Química - POLÍCIA CIENTÍFICA-PE -2016) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação C=C,



é correto afirmar que ela é formada) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

A) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

B) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

C) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

D) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

E) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

#### Comentários:

A ligação C=C é formada por uma ligação  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ . A ligação  $\sigma$  é formada pela interação dos orbitais híbrido  $sp^2$  de cada átomo de carbono e a ligação  $\pi$  é formada pelas interações dos orbitais  $p$  de cada carbono.

**Resposta: letra C**



## LISTA DE QUESTÕES - CEBRASPE

### Introdução à química orgânica, hibridização e geometria do carbono

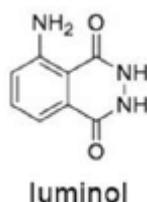
1. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal Oficial (PC PB)/2022) A química orgânica é o ramo da química que trata da obtenção, da análise, da determinação da estrutura e do uso dos compostos orgânicos. No que se refere a esse tema, assinale a opção correta.

- a) O biodiesel é preparado a partir de óleos vegetais.
- b) O fenol é um exemplo de álcool.
- c) A cafeína é usada como calmante.
- d) Herbicidas são utilizados para combater as pragas de insetos.
- e) Caso se realize a análise da acerola, será encontrada, como componente principal, a vitamina B.

#### Texto associado

O luminol é o mais eficiente detector de sangue oculto em cenas de crime contra a vida, por meio da utilização de borrifadores ou de um luminômetro portátil. Ele reage quimicamente, liberando energia (fótons) sob a forma de uma luz azul, por meio de uma reação denominada quimiluminescência. Ao ser aplicado na detecção de traços de sangue oculto e entrar em contato com o ferro coordenado presente na hemoglobina (não sendo este consumido durante o processo), seguido do tratamento com água oxigenada em meio básico, o luminol promove a formação de fótons sob a forma de uma luz azulada.

Internet: <<https://lasape.iq.ufrj.br>> (com adaptações).



Internet: <[www.infoescola.com](http://www.infoescola.com)>.

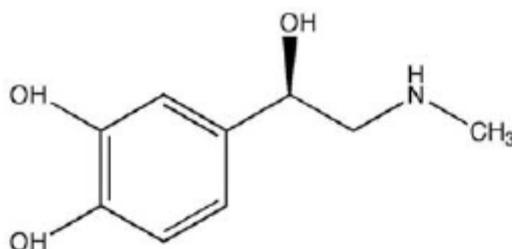
Tendo como referência a estrutura do luminol, apresentada anteriormente, e as informações do texto precedente, julgue o item a seguir, considerando que  $M_H = 1$  g/mol,  $M_C = 12$  g/mol,  $M_N = 14$  g/mol e  $M_O = 16$  g/mol.

2. (CEBRASPE (CESPE) - Oficial Policial Militar (PM AL)/2021) O luminol é um composto orgânico cuja estrutura apresenta dois carbonos primários, quatro carbonos secundários e dois carbonos terciários.



3. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (SEED PR)/Química/2021) A adrenalina, também conhecida como epinefrina, é um hormônio liberado na corrente sanguínea que tem a função de atuar sobre o sistema cardiovascular e manter o corpo em alerta para situações de fortes emoções ou estresse, como luta, fuga, excitação ou medo.

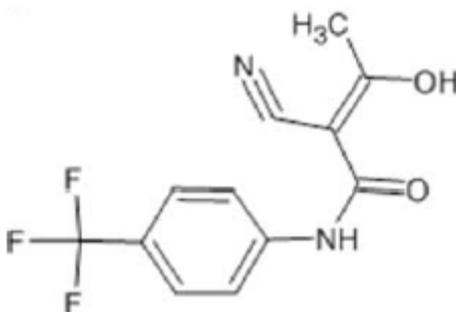
Internet: <[www.tuasaude.com/adrenalina](http://www.tuasaude.com/adrenalina)>.



Considerando-se a fórmula estrutural da adrenalina, representada na figura precedente, é correto afirmar que o número de ligações sigma e pi presentes em uma molécula de adrenalina corresponde, respectivamente, a

- a) 13 e 3.
- b) 23 e 3.
- c) 28 e 4.
- d) 24 e 3.
- e) 26 e 3.

4. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (SEED PR)/Química/2021) A próxima figura representa a estrutura química da teriflunomida, um agente imunomodulador e anti-inflamatório utilizado no tratamento de primeira linha de pacientes com esclerose múltipla.



Na estrutura química da teriflunomida, existem

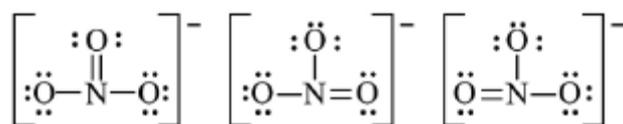
- a) 4 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 1 carbono terciário.
- b) 4 carbonos primários, 6 carbonos secundários e 2 carbonos terciários.
- c) 3 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 2 carbonos quaternários.



- d) 3 carbonos primários, 7 carbonos secundários e 2 carbonos terciários.  
e) 5 carbonos primários, 6 carbonos secundários e 1 carbono quaternário.

**5. (CEBRASPE (CESPE) - Professor (IFF)/Química I/2018) O benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) e o íon nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) são exemplos de híbridos de ressonância. A esse respeito, assinale a opção correta.**

- a) Entre as seis ligações entre carbonos presentes na molécula de benzeno, a existência de três ligações mais curtas indica que o benzeno é um híbrido de ressonância.  
b) Um híbrido de ressonância oscila entre as possíveis estruturas de Lewis para o composto.  
c) Nas estruturas de Lewis que representam o benzeno, há alternância entre um e dois átomos de hidrogênio ligados aos átomos de carbono.  
d) A estrutura de Kekulé evidencia a existência de um único tipo do composto dicloro-benzeno no qual os dois átomos de cloro estão ligados a carbonos adjacentes.  
e) A seguir, são apresentadas as três possíveis estruturas de Lewis para o nitrato.

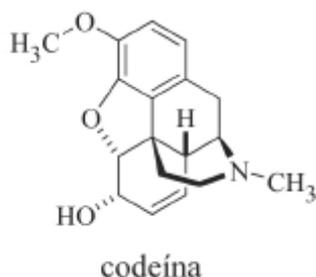


**6. (CESPE - 2016 - POLÍCIA CIENTÍFICA - PE - Perito Criminal - Química) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação C=C, é correto afirmar que ela é formada**

- a) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados p e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .  
b) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados p.  
c) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados p.  
d) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados p.  
e) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

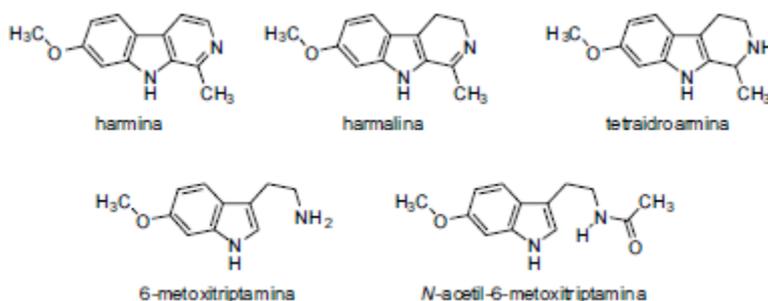
**7. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal (PCie PE)/Química, Química Industrial ou Engenharia Química/2016) A codeína, cuja estrutura química está representada na figura precedente, é o princípio ativo de medicamentos utilizados no tratamento de dor moderada. Com relação à estrutura química da codeína, é correto afirmar que ela é constituída por**





- a) um átomo de nitrogênio com hibridização  $sp^2$  e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- b) um átomo de nitrogênio com geometria trigonal plana e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- c) um átomo de nitrogênio com geometria piramidal e oito átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .
- d) um átomo de nitrogênio com hibridização  $sp^2$  e oito átomos de carbono com geometria trigonal plana.
- e) um átomo de nitrogênio com geometria piramidal e dez átomos de carbono com hibridização  $sp^2$ .

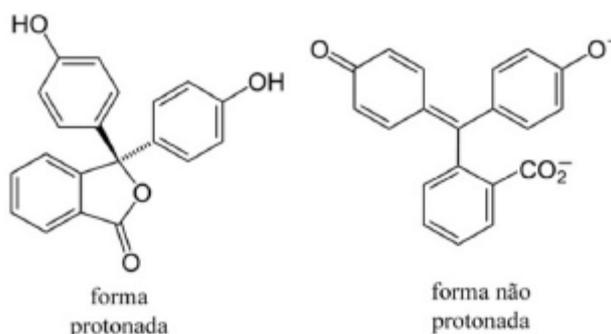
8. (CEBRASPE (CESPE) - Perito Criminal (PCie PE)/Química, Química Industrial ou Engenharia Química/2016) Ayahuasca é uma bebida produzida a partir de duas plantas amazônicas, *Banisteriopsis caapi* e *Psychotria viridis*, utilizada em rituais religiosos. Nessa bebida podem ser encontradas as substâncias harmina, harmalina e tetraidroarmina, as quais atuam no sistema nervoso central. Com base nessa informação e nas estruturas químicas mostradas abaixo, julgue o item a seguir.



O átomo de carbono da ligação  $C=O$  da N-acetil-6-metoxitriptamina apresenta hibridização  $sp^2$  de acordo com a teoria da ligação de valência.

9. (CEBRASPE (CESPE) - (ANP) /2013) Para ser comercializado, o biodiesel deve obedecer a uma série de especificações, como, por exemplo, o índice de acidez. Esse índice é determinado dissolvendo-se uma massa conhecida do biodiesel em álcool etílico a 95% e, em seguida, titulando-se a mistura com uma solução aquosa de KOH. Como indicador, utiliza-se a fenolftaleína, que atinge coloração rosa, após adição de base acima de determinado pH, e cujas as formas, protonada e não protonada, são apresentadas nas figuras abaixo.





O índice de acidez é considerado como a quantidade, em miligramas, de KOH necessária para neutralizar 1,0 g da amostra, sendo que o valor máximo estabelecido pela norma ASTM D6751 é de 0,5 mg de KOH/g de amostra.

Considerando as informações acima e a massa molar do KOH, com valor igual a 56,1 g/mol, julgue o item subsequente.

Na forma não protonada da fenolftaleína, todos os átomos de carbono apresentam hibridização  $sp^2$ , enquanto na forma protonada há um carbono com hibridização  $sp^3$ .

10. (CESPE - Perito Criminal/Química - POLÍCIA CIENTÍFICA-PE -2016) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação C=C, é correto afirmar que ela é formada) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

A) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

B) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

C) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

D) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .

E) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .



# GABARITO

GABARITO



1	A
2	C
3	E
4	B
5	E
6	C
7	C
8	C
9	C
10	C



# INTRODUÇÃO À QUÍMICA ORGÂNICA, HIBRIDIZAÇÃO E GEOMETRIA DO CARBONO

## Considerações Iniciais

Olá, pessoal, tudo joia?

Hoje vamos iniciar o estudo sobre um novo ramo da química: QUÍMICA ORGÂNICA. Podemos dizer que ela, dentro da química, é um mundo à parte visto a sua extensão e sua importância muito em função da quantidade de substâncias orgânicas conhecidas. *Como assim, professor?* É que já são conhecidas cerca de 18 milhões de substâncias orgânicas, ao passo que as inorgânicas são menos de 200 mil. Em decorrência disso, temos a presença massiva das substâncias orgânicas em nosso dia a dia, a exemplo dos plásticos e fármacos.

Na aula de hoje, o número de questões será mais limitado, pois os fundamentos da química orgânica são pouco cobrados de forma isolada em concursos. No entanto, isso não diminui a importância dessa aula, pois os fundamentos da química orgânica são pré-requisitos para vocês compreenderem bem todas as demais aulas de orgânica.

Como temos muito para discutir hoje, vamos ao que interessa: conteúdo. Desejo-lhe uma boa aula e lembre-se de me procurar pelo fórum caso fique com alguma dúvida. Bons estudos!

Instagram: Prof.DiegoSouza

Telegram: t.me/profdiegosouza

YouTube: Prof. Diego Souza

## Introdução à Química Orgânica

*Como você organiza seu guarda-roupa?* Talvez seja parecido com a forma que eu organizo o meu, conforme ilustro abaixo [os invejosos dirão não se tratar do meu guarda-roupa]. Um compartimento destino a camisas dobradas, outro para guardar bermudas, um para calças, um para calçados e assim por diante. Em um compartimento, podemos ter um único tipo de veste, por exemplo, bermudas, as quais sempre apresentaram características em comum (típicas de toda bermuda), mas também características que as distinguem entre si como a cor, o tipo de tecido, a marca, o comprimento, etc. Por isso, se você for uma pessoa extremamente organizada, poderá organizar o interior de cada gaveta por setores, separando, por exemplo, as camisas por cores (figura à direita).





Gastei um parágrafo falando sobre organização de guarda-roupas porque a organização da química segue a mesma lógica. **São conhecidas mais de 18 milhões de substâncias químicas**, entre as naturais e as sintéticas. É humanamente impossível estudá-las de forma individual. Por isso elas são divididas em dois grandes "guarda-roupas" [ou melhor segmentos] e, dentro deles, subdivididos em compartimentos menores [as chamadas funções químicas]:

- **Química inorgânica:** "guarda-roupa" menor contendo cerca de 200 mil substâncias inorgânicas; e
- **Química orgânica:** "guarda-roupa" maior com mais de 18 milhões de substâncias orgânicas conhecidas.

Os compartimentos de cada "guarda-roupa" (quím. inorgânica e quim. orgânica) são as chamadas **funções químicas**, nas quais estão agrupadas substâncias que apresentam características em comum, embora não sejam exatamente iguais. Desta forma, ao estudar uma determinada função química estamos estudando propriedades de uma coleção de substâncias, o que facilita imensamente o estudo das 18 milhões de substâncias conhecidas.

Na química inorgânica, estudamos as funções inorgânicas ácido, base, sais, óxidos e hidretos. Na orgânica, que começaremos a estudar hoje, foram necessários um número bem maior de funções inorgânicas ("compartimentos" do "guarda roupa") para organizar a imensidão de substâncias orgânicas conhecidas, a exemplo dos hidrocarbonetos, álcoois, ácidos carboxílicos, cetonas, aldeídos, etc. Lembra da separação das camisetas por cores? Isso também é observado no estudo das funções, os ácidos inorgânicos, por exemplo, podem ser separados em hidrácidos (ácidos sem oxigênio) e em oxiácidos (com oxigênio).

Agora que já sabemos o motivo de existir essas divisões e agrupamentos, vamos entender rapidamente [em uma linha do tempo] de onde surgiu essa divisão da química entre inorgânica e orgânica.



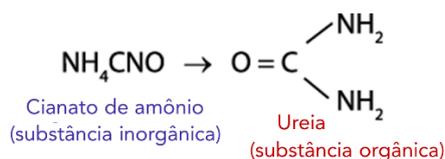


### BREVE HISTÓRICO DA QUÍMICA ORGÂNICA

**Bergman (em 1777):** definiu **química orgânica** como o ramo que estudava compostos oriundos dos organismos vivos, ao contrário da química inorgânica que estudava as substâncias que compunham o reino mineral.

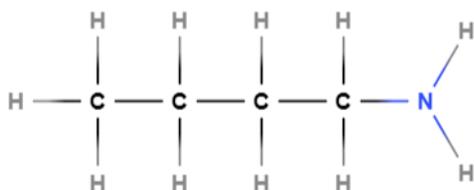
**Berzelius (em 1807):** propôs a **teoria da força vital** ou **vitalismo** que dizia que substâncias orgânicas só poderiam ser produzidas (sintetizadas) por organismos vivos, ou seja, tratava como impossível a síntese artificial dessas substâncias.

**Friedrich Wohler (em 1828):** sintetizou (obteve) em laboratório ureia (substância orgânica encontrada na urina) a partir do aquecimento de cianato de amônio, conforme reação abaixo. Desta forma, ele demonstrou ser incorreta a teoria da força vital.

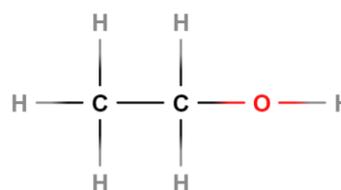


**Kekulé (em 1858):** por meio da observação de que todos os compostos orgânicos possuíam carbono, ele propôs que a **química orgânica** é o ramo da química que estuda os compostos do carbono, proposta ainda aceita nos dias atuais.

Abaixo temos dois exemplos de substâncias orgânicas:



**Butanamina** (da função orgânica **amina**)



**Etanol** (da função orgânica **álcool**)

Note que, nos dois compostos orgânicos acima, há carbonos [realizando 4 ligações cada], conforme esperado para substâncias orgânicas. Além disso, note que também que há outros elementos nessas moléculas: hidrogênio, nitrogênio e também oxigênio. Além desses, outros elementos podem estar presentes.





Ressalta-se que existem compostos que apresentam átomos de carbono em suas estruturas e mesmo assim **não são compostos orgânicos**, por exemplo o **CO** (monóxido de carbono), **CO<sub>2</sub>** (gás carbônico), **H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** (ácido carbônico) e o **HCN** (ácido cianídrico).

**Eita!** Então, como podemos diferenciar as substâncias que possuem carbonos e não são orgânicas daquelas que são?

Com o tempo, isso ficará mais natural para você, mas saiba que há diferentes formas de se chegar conclusão sobre a natureza orgânica ou inorgânica de uma substância. Podemos pensar, do ponto de vista da inorgânica, em que aprendemos que óxidos são compostos binários (formados por dois elementos químicos diferentes), sendo o oxigênio é o mais eletronegativo deles. Desta forma, concluímos que **CO** e **CO<sub>2</sub>** são óxidos. Vale lembrar também que ácidos inorgânicos, segundo Arrhenius, são substâncias que, quando em água, sofrem ionização liberando íon hidrogênio (H<sup>+</sup>) como acontece para **H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** e **HCN**.

Mas, como poderíamos descartar a natureza orgânica dessas substâncias sem recorrer à inorgânica? Precisamos, para tanto, entender a concepção atual de compostos orgânicos. Nela esses compostos podem se diferenciar dos inorgânicos por uma série de características, dentre as quais destacam-se:

- São formados fundamentalmente por uma CADEIA carbônica** (carbono ligado a outro(s) carbono(s)), estrutura que detalharemos um pouco mais à frente. Cuidado! Há substâncias orgânicas com apenas um carbono, ex: metano, CH<sub>4</sub>. Ademais, outros elementos também estão presentes em grande parte das substâncias orgânicas como: o hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), enxofre (S) e os halogênios (Cl, Br e I);
- Os pontos de fusão e de ebulição de compostos orgânicos, geralmente, são mais baixos que dos compostos inorgânicos.** Isso acontece porque as interações intermoleculares (entre moléculas) dos compostos orgânicos são mais fracas, o que faz com que sejam vencidas mais facilmente (com menos fornecimento de energia). Já em compostos inorgânicos, nos quais há a presença de íons (compostos carregados eletronicamente), estão presentes interações eletrostáticas que são mais fortes e, por isso, produzem pontos de fusão e ebulição mais elevados. Discutiremos em mais detalhe esse ponto mais adiante.
- Os compostos orgânicos, em geral, são apolares e, por isso, são solúveis em solventes mais apolares.** Por outro lado, compostos orgânicos como o álcool, a acetona e o açúcar, os quais apresentam uma certa polaridade e, por isso, podem solubilizar em água que é polar. Além disso, é importante destacar que semelhantes dissolvem semelhantes, isto é, compostos apolares se dissolvem em apolares e polares se dissolvem em polares.
- A maioria dos compostos orgânicos podem sofrer combustão**, como o butano (presente no gás de cozinha), o etanol e a gasolina (que são combustíveis de automóveis) e a parafina presente na vela. A reação abaixo exemplifica uma reação de combustão, neste caso, o etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) é o combustível



e o oxigênio é o comburente. Com esse tipo de reação, temos liberação de energia e, por isso, muitos compostos orgânicos são utilizados como combustíveis.



(UNICENTRO - 2018) Em 1828, o químico alemão Friedrich Wöhler, que trabalhou com Berzelius, sintetizou, de forma acidental, um composto orgânico chamado ureia, comumente encontrado na urina e sangue. A reação feita por Wöhler pode ser representada pela equação química:



Baseado no experimento de Wöhler, é correto afirmar que a definição atual de química orgânica é:

- A) A química que estuda as substâncias originadas de organismos animais ou vegetais.
- B) A química que estuda a maior parte dos compostos de carbono.
- C) A química dos complexos metálicos, sais, ácidos e seus derivados.
- D) A química que estuda as partículas elementares (prótons, nêutrons e elétrons).
- E) Nenhuma das alternativas anteriores é a correta.

#### Comentários:

A QUÍMICA ORGÂNICA é o ramo da química destinado ao estudo dos compostos que contêm carbono (compostos formados principalmente por carbonos), chamados compostos orgânicos. Estes compostos podem ser obtidos na natureza ou podem ser sintetizados, a exemplo da ureia ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ), que, além de ser encontrada naturalmente na urina dos mamíferos, também pode ser sintetizada em laboratório. Vale ressaltar que a síntese da ureia representou um marco para Química Orgânica, pois foi, por meio de sua síntese, que a do Teoria do Vitalismo foi contrariada.

Resposta: letra B

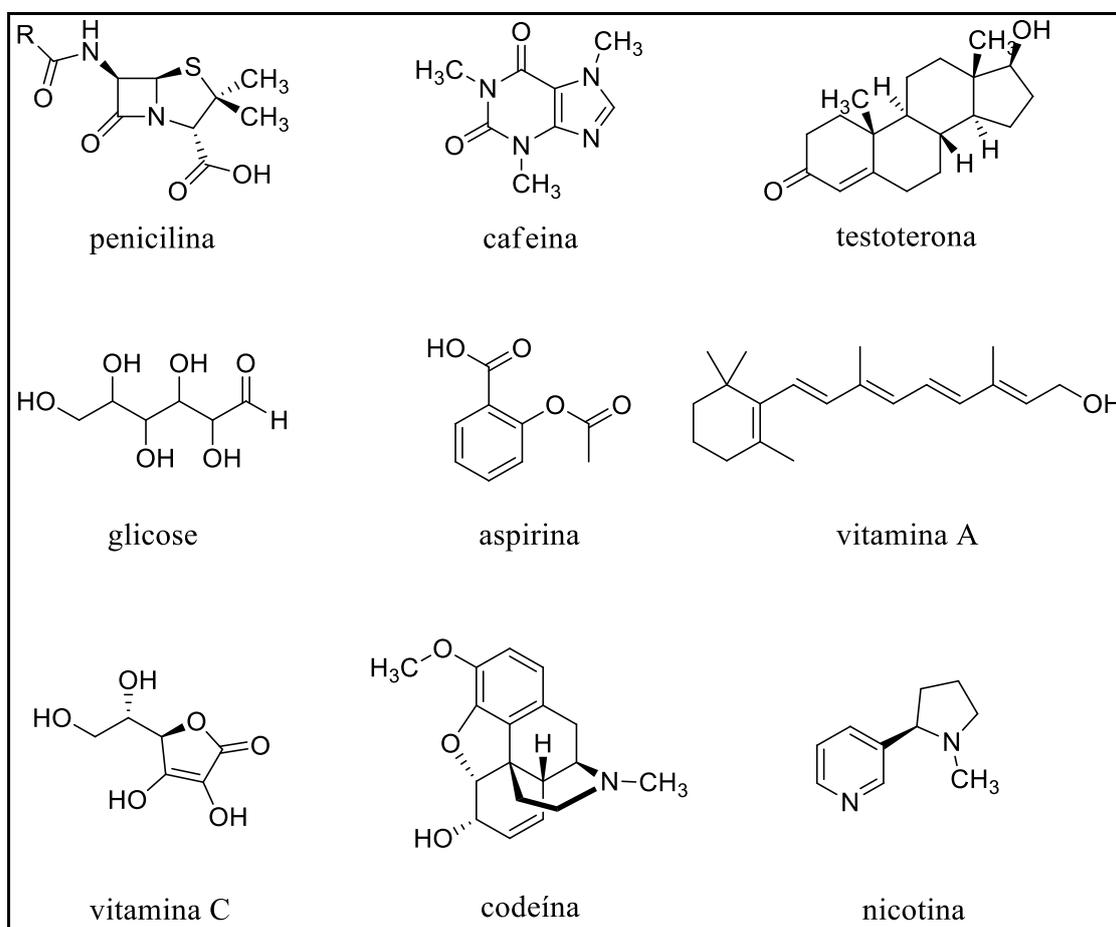
## Entendendo melhor o átomo de carbono

Aprendemos anteriormente que os compostos orgânicos apresentam átomos de carbono em suas estruturas. Mas por que o carbono é tão importante assim? Porque ele possibilita a formação de uma imensa variedade de compostos, cerca de 18 milhões. Além disso, o carbono forma moléculas orgânicas fundamentais para a vida, por exemplo, ele está presente em gorduras, açúcares e proteínas. Ademais, a **química orgânica (química do carbono)** está presente nas indústrias de alimentos, de petróleo, farmacêutica, têxtil, de polímeros, cosmético, dentre outras.

O carbono também está presente no nosso cotidiano, como na cafeína do café que tomamos todos os dias, no algodão, no poliéster e na seda de nossas roupas. Esse elemento também é encontrado em cremes dentais, sabonetes, xampus, perfumes e ainda em compostos de interesse farmacológicos, como a aspirina, penicilina, antialérgicos, anti-inflamatórios, antibióticos e anticancerígenos. Como se vê, é bem vasta a



presença dos compostos do carbono em nosso dia a dia, não é mesmo? O quadro abaixo apresenta alguns exemplos de compostos orgânicos bem conhecidos. **Não se preocupe, por enquanto, em entender essas estruturas. Esse será um conhecimento construído ao longo das primeiras aulas de orgânica.**



Exemplos de compostos orgânicos conhecidos.

Depois de listarmos tantas aplicações do carbono, vocês devem estar se perguntando: *o que torna o carbono tão especial? Por que ele é capaz de formar milhares de substâncias estáveis e com uma grande variedade de propriedades?*

Excelente questionamento! Vamos, então, listar os principais motivos que tornam o carbono tão especial:

- ✓ Sua **posição na tabela periódica** contribui bastante para isso, pois ele está na família 4A (grupo 14). À esquerda da família 4A, os elementos predominantemente tendem a doar (perder) elétrons como é o caso dos metais. À direita da família 4A, tendem a ganhar elétrons como acontece com os ametais. Já o carbono, que **apresenta uma eletronegatividade mediana**, não possui muita diferença eletrostática (eletronegatividade) dos demais átomos e, com isso, em geral, ele não recebe e nem doa elétrons, ele preferencialmente compartilha elétrons com outros átomos, **formando assim ligações covalentes**.
- ✓ O **carbono é tetravalente**, ou seja, forma 4 ligações covalentes que estão dispostas em diferentes orientações espaciais. **As ligações covalentes são formadas inclusive com outros átomos de carbono, resultando assim na formação de cadeias carbônicas** que podem assumir tamanhos e ramificações

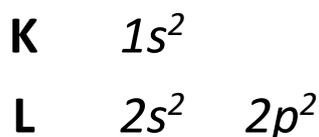


*diversas*, contribuindo ainda mais para a alta diversidade de compostos orgânicos. O raio pequeno do carbono também contribui para seu encadeamento.

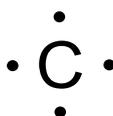
Agora que aprendemos o tipo de ligação que o carbono realiza, vamos explorar as características deste átomo. O carbono possui **número atômico igual a seis (Z = 6)**, ou seja, possui seis prótons em seu núcleo. Porém, apesar do carbono possuir o número de próton igual a 6, na natureza são encontrados três isótopos do carbono. Os isótopos são elementos químicos de um mesmo átomo que se diferenciam pelo número de nêutrons. Os isótopos do carbono possuem número de massa iguais a 12, 13 e 14, e número de nêutrons iguais a 6, 7 e 8, respectivamente. O isótopo  $^{12}\text{C}$  corresponde a 99% dos átomos de carbono, enquanto o  $^{13}\text{C}$  está presente em apenas 1%. Já o  $^{14}\text{C}$  é um isótopo instável que emite energia ao se transformar no isótopo mais estável, é encontrado em apenas 0,0000000001% dos átomos de carbono.

Além disso, que outras informações o número atômico pode nos fornecer? Bom! Um átomo neutro tem números iguais de prótons (carga **positiva**) e de elétrons (carga **negativa**). Os prótons se situam no núcleo, já os elétrons na eletrosfera, lembra? Como o carbono possui seis prótons e é um átomo neutro, ele também possui seis elétrons.

Para continuarmos é importante lembrar, que a eletrosfera é dividida por subníveis. E a distribuição eletrônica é feita do subnível de mais baixa energia para o subnível de mais alta energia. Com isso, o carbono possui dois elétrons no subnível **K** (orbital **s**), e quatro elétrons no subnível **L** (dois no orbital **s** e dois no orbital **p**).

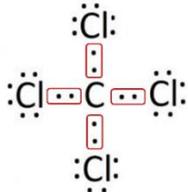
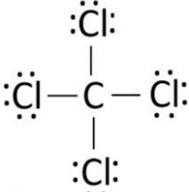
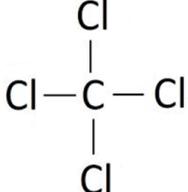


Desta forma, o carbono possui **quatro elétrons** na sua **camada de valência**. Camada de valência é a última camada eletrônica preenchida, é a camada em que os elétrons apresentam maior probabilidade de se envolver em ligações. Veja abaixo a representação do carbono com seus 4 elétrons de valência.



Como o carbono possui quatro elétrons na camada de valência, ele precisa fazer quatro ligações covalentes para atingir 8 elétrons nessa camada e seguir a regra do octeto. Vamos utilizar a **estrutura de Lewis** para representar os compostos orgânicos. Nessa estrutura, são expostos (conforme carbono acima), apenas elétrons da camada de valência. Além disso, as ligações covalentes são representadas por um traço entre os dois compostos, o que significa um par de elétrons compartilhados entre esses átomos. Ainda sobre a estrutura de Lewis, vale lembrar que os pares de elétrons não ligantes também são expresso nessa representação. Tomemos como exemplo  $\text{CCl}_4$ , ilustrado abaixo. Neste caso, o carbono utiliza seus 4 elétrons em 4 ligações covalentes com os 4 átomos de cloro, que possuem 7 elétrons na última camada (família 7A, halogênios), passando a ter em sua camada de valência 8 elétrons [completando seu octeto], conforme ilustrado na figura abaixo à esquerda. Na do meio, temos a representação das ligações covalentes como traços. Por fim, em orgânica, como algumas estruturas são muito grandes, é comum omitir os pares de elétrons não ligantes como acontece na figura à direita.



		
<p>Representação das 4 ligações covalentes em vermelho, com 1 elétron de valência do carbono e 1 elétron de valência de cada cloro.</p>	<p>Estrutura de Lewis.</p>	<p>Estrutura simplificada, omitindo os elétrons de valência não ligantes do cloro.</p>

ESCLARECENDO!

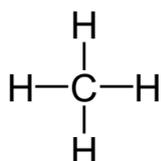


**Regra do Octeto:** para um átomo ficar com uma configuração eletrônica estável (oito elétrons na camada de valência) ele deve ganhar, perder ou compartilhar elétrons. Assim, quando a regra do octeto é cumprida, os átomos ficam estáveis como os gases nobres. Sabemos também que há inúmeras exceções do octeto, pois muitos átomos podem se estabilizar com mais que 8 elétrons e alguns outros com menos de 8. Mesmo assim, a regra do Octeto é válida para os elementos do primeiro e segundo período da tabela periódica, sendo válida, portanto, para o carbono também.

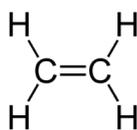
Deste modo, o átomo de carbono pode, por meio do compartilhamento de elétrons, alcançar uma camada completa com oito elétrons de forma a obedecer à regra do octeto. Desta forma, as ligações formadas com o compartilhamento de elétrons são chamadas de **ligações covalentes**.

Muito do que discutimos aqui está sedimentado nas contribuições de Kekulé, quem explicou as principais propriedades do átomo de carbono por meio de três postulados, que ficaram conhecidos por **postulados de Kekulé**. São eles:

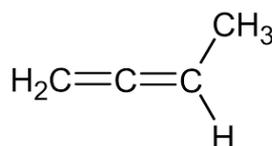
1. **O carbono é tetravalente:** pode realizar, portanto, 4 ligações simples; 1 ligação duplas e 2 simples; 2 ligações duplas; e 1 ligação tripla e 1 ligação simples. Observe essas 4 possibilidades nos exemplos abaixo.



Metano



Eteno



1,2 butadieno



Etino

2. **O carbono tem quatro valências livres que são iguais entre si**, ou seja, um mesmo átomo ligado em qualquer uma das posições abaixo não torna as substâncias diferentes (4 compostos abaixo são iguais).

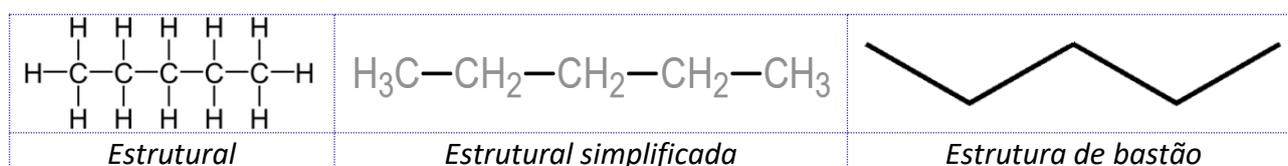




Hidrogênio e halogênios (F, Cl, Br, I)	1	H—	F—	Cl—	
--	---	----	----	-----	--

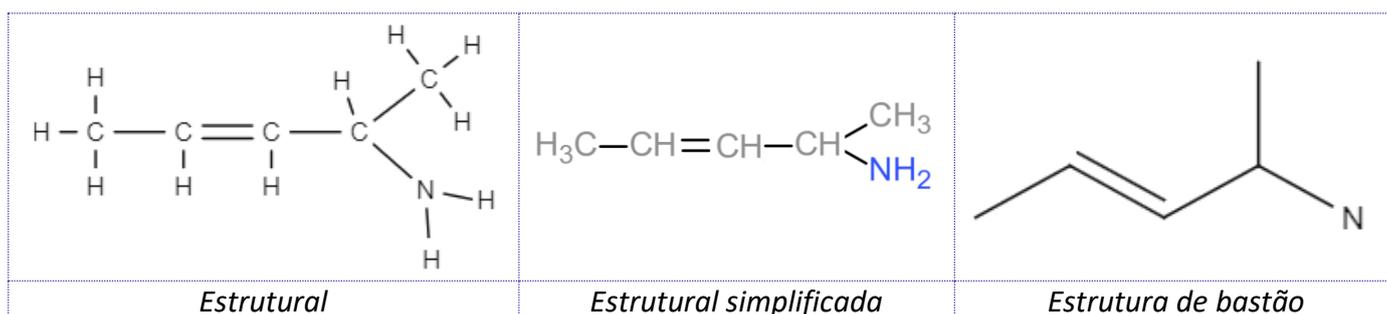
Essas valências podem ser explicadas, em geral, pela teoria do octeto. O nitrogênio, por exemplo, da família 5A (grupo 15), possui 5 e<sup>-</sup> na última camada e, por isso, realiza três ligações covalentes para completar seu octeto. Lembre-se dessas principais valências e respectivas possibilidades de ligação, pois vamos precisar delas para interpretar as estruturas orgânicas.

A estrutura dos compostos orgânicos pode ser representada de três maneiras principais. Tomemos como exemplo o hidrocarboneto pentano:



- ✓ A estrutura **da esquerda**, **fórmula estrutural**, apresenta todos os átomos de carbono (C) e de hidrogênio (H), bem como todas as ligações que os mantém unidos na forma de uma molécula (lembre-se: via de regra, o CARBONO faz 4 ligações e o HIDROGÊNIO faz apenas 1);
- ✓ Na representação **do meio**, **fórmula estrutural simplificada**, embora sejam apresentados todos os átomos envolvidos, simplifica-se ao omitir as ligações entre C e H. Outras ligações do hidrogênio também podem ser omitidas, a exemplo da ligação -OH em álcoois;
- ✓ Na **da direita**, a mais simples delas, temos a **notação em bastão**, na qual a ligação entre carbonos é representada por traços, e cada ponto de inflexão e as extremidades correspondem a um carbono. Destaco ainda que os hidrogênios são omitidos (ficam subentendidos). Os demais átomos que podem se ligar ao carbono, a exemplo de nitrogênio (N) e oxigênio (O), não serão omitidos na notação em bastão como veremos em um próximo exemplo.

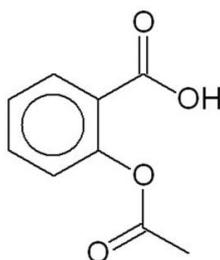
Vamos a mais um exemplo para fixarmos as diferentes formas de se representar os compostos orgânicos?



Note que na **estrutural simplificada** são omitidas as ligações do hidrogênio, inclusive as realizadas com o nitrogênio. Já na **estrutura de bastão**, a lógica é a mesma que a anterior, mas **temos agora uma ligação dupla entre dois carbonos que é representado por um bastão duplo**. Se fosse uma ligação tripla, bastão triplo. Vale destacar ainda que, na estrutura de bastão, **apenas carbonos e hidrogênios são omitidos**, os outros elementos não e, por isso, o **nitrogênio fica evidente** no exemplo acima.

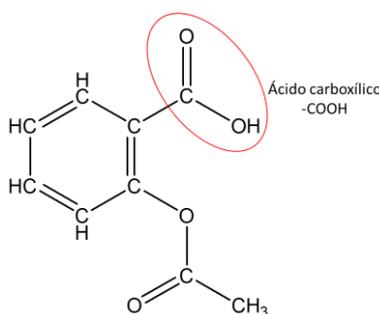
Acredito que já estamos com bagagem para retornar à interpretação da fórmula estrutural do **ácido acetilsalicílico (AAS)** abaixo.





Ainda não sabemos [ou pelo menos eu não te contei] o que significa o hexágono com um círculo no meio. Essa estrutura corresponde a um **anel aromático**, que na prática é uma estrutura cíclica com ligações simples e duplas alternadas entre carbonos. Unindo todas essas informações com as anteriores sobre como desenhar as estruturas dos compostos orgânicos, podemos reescrever a estrutura da molécula conforme ilustrado abaixo, evidenciando todos os átomos presentes na estrutura. Nessa etapa é fundamental lembrar da tetravalência do carbono, ou seja, completar as 4 ligações do carbono por meio de ligações com o hidrogênio que ficam omitidos. Como curiosidade, na estrutura é possível identificar o grupo funcional **ácido carboxílico** [o qual estudaremos melhor mais adiante], comumente representado nas fórmulas moleculares como –COOH.

Por fim, para atingir nosso objetivo inicial, é só contar o número de carbonos, oxigênios e hidrogênios e montar a fórmula molecular.

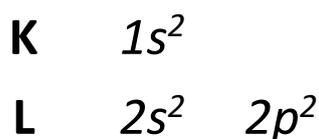


**Fórmula molecular do AAS:  $C_8O_2H_7COOH$  ou  $C_9O_4H_8$**  (unindo todos os elementos comuns)

## Hibridização e geometria do carbono

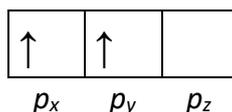
### Hibridização $sp^3$

Já deve estar convencido de que o carbono realiza quatro ligações e, embora seja verdade, saiba que isso não é tão lógico quanto parece. Para provar o que estou dizendo, vamos primeiro relembrar a distribuição eletrônica do carbono.

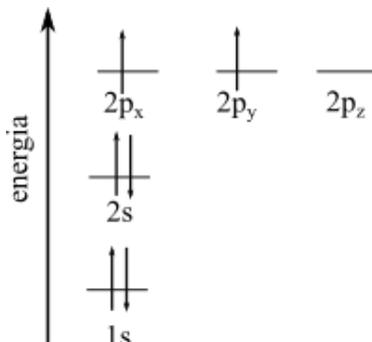


Na camada de valência L, o subnível  $s$  está completamente preenchido com 2 elétrons, e o subnível  $p$ , que suporta até 6 elétrons, está parcialmente preenchido com 2 elétrons. Olhando mais de perto o subnível  $p$ , sabemos que os seus orbitais ( $p_x$ ,  $p_y$ ,  $p_z$ ) estão assim preenchidos:



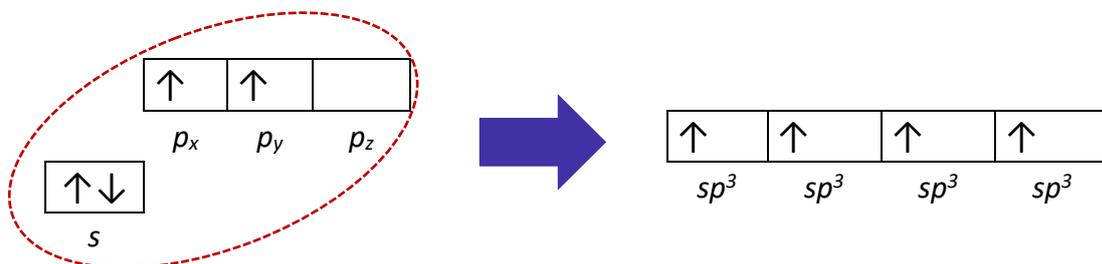


Em termos de energia [seguindo distribuição de Linus-Pauling, lembra?], podemos reescrever como:



Como cada orbital comporta dois elétrons emparelhados, então haveria apenas dois elétrons desemparelhados capazes de formar ligações covalentes. **Como, então, seria possível o carbono fazer 4 ligações?**

Ocorre no carbono e em outros átomos um fenômeno chamado **hibridização**, que seria uma espécie de "mistura" de diferentes orbitais para formar um orbital híbrido. No caso do carbono, ele pode hibridizar o orbital "s" com os 3 orbitais "p", formando quatro orbitais semipreenchidos (ocupados por 1 elétron apenas) de mesma energia chamados de  $sp^3$  (s1p3, ou seja, formados a partir 1 orbital s e 3 orbitais p), veja:

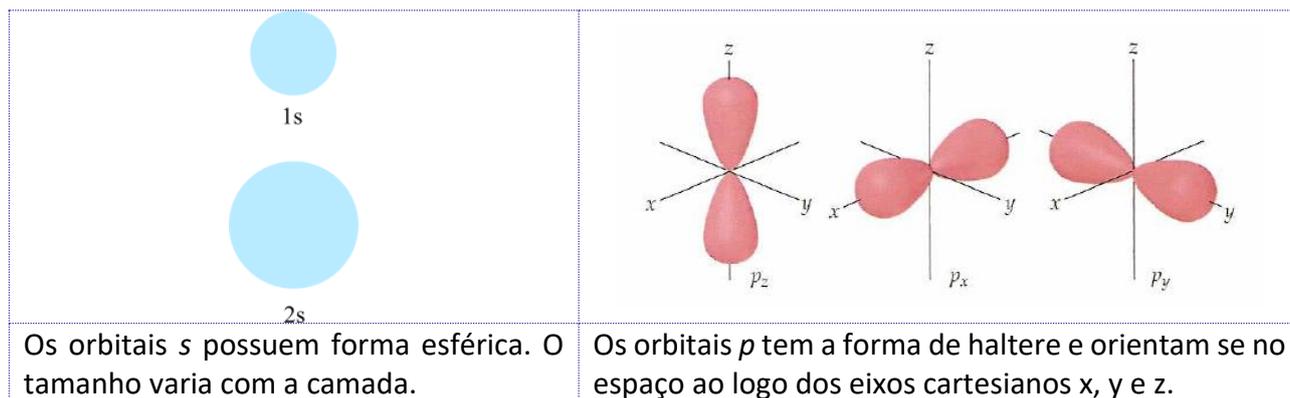


Como se vê no esquema acima, após a hibridização, o carbono apresentará 4 elétrons desemparelhados, o que lhe permitirá fazer 4 ligações de mesma energia. **Note ainda que os novos orbitais  $sp^3$  apresentam uma energia intermediária entre o orbital s e os orbitais p originais.** No caso do metano ( $CH_4$ ), por exemplo, em que o átomo de carbono se liga a 4 átomos de hidrogênio, teremos a seguinte configuração de valência para o carbono (**Obs.: as setas em vermelho são os elétrons dos hidrogênios que participam de cada uma das quatro ligações**):



Precisamos avançar na discussão sobre hibridização, mas vamos nos deparar com dois tipos de ligação: ligações sigma ( $\sigma$ ) e ligações pi ( $\pi$ ). Por isso, preciso abrir um breve parêntese para explicar a formação espacial das ligações, a qual se relaciona com o formato dos orbitais. Conhecer o formato apenas dos orbitais s e p será suficiente para o estudo de orgânica, os quais estão representados na tabela abaixo.

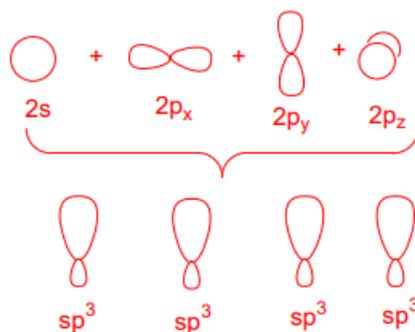




Mas qual o significado de um orbital?

Considere que o orbital é uma região em torno do núcleo do átomo onde é mais provável de se encontrar os elétrons. Isso faz todo sentido quando sabemos que não é possível conhecer velocidade e posição de um átomo simultaneamente, portanto o orbital tem sentido probabilístico, ou seja, região em que a probabilidade de encontrar o elétron é máxima. A ligação covalente é uma sobreposição de orbitais de dois átomos, resultando no compartilhamento de elétrons.

Podemos ilustrar o processo de hibridização por meio do formato dos orbitais. Na figura abaixo, ocorre uma combinação de quatro orbitais atômicos do último nível ( $2s + 2p_x + 2p_y + 2p_z$ ) do carbono, formando quatro novos orbitais atômicos idênticos. Esses novos orbitais não são s e nem são p, são  $sp^3$  (s1p3, ou seja, 1 orbital s e 3 orbitais p) com uma identidade (contribuição) de 25% s e de 75% p, figura abaixo.

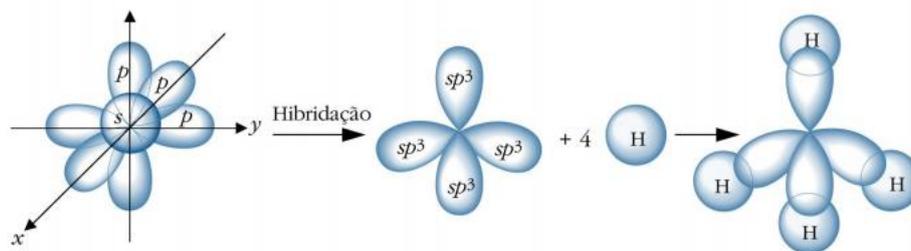


Orbitais atômicos, formando orbitais híbridos  $sp^3$ .<sup>1</sup>

Para que esse processo de formação das ligações fique mais claro, acompanhe pela figura abaixo a discussão a seguir. Do lado esquerdo, temos os orbitais do carbono antes da hibridização. Na figura do meio, após a hibridização, em que 1 orbital s e 3 orbitais p formam 4 do tipo  $sp^3$ . Nesse momento, o carbono está apto a fazer 4 ligações equivalentes. Cada hidrogênio se aproxima frontalmente a cada orbital  $sp^3$ , formando as ligações covalentes que seriam, do ponto de vista de orbitais, orbitais moleculares, resultando nesse caso na molécula  $CH_4$ .

<sup>1</sup> [http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_quimica\\_organica.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_quimica_organica.pdf). Acessado em 20 de ago. 2018.





Hibridização  $sp^3$  do metano e formação das ligações covalentes.<sup>2</sup>

Às ligações com sobreposição frontal de orbitais, como é o caso acima, dá-se o nome **ligações sigma ( $\sigma$ )**. Falaremos mais a frente das ligações pi ( $\pi$ ). Acredito que esse momento é muito conveniente para introduzir a discussão sobre geometria do carbono em compostos orgânicos. Então, vamos lá! Para tanto, precisamos relembra o **modelo VSEPR**.

### Modelo da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (RPECV ou VSEPR)

O modelo de Lewis nos mostra o número e os tipos de ligações entre os átomos, mas não indica as formas espaciais e geometrias moleculares. Com isso usamos o **modelo VSEPR ou RPECV**, já estudado em aulas passadas. Esse modelo nos diz que:

- 1) Os pares de elétrons (das ligações e os não ligantes) tendem a ficar o mais afastado possível, por conta de repulsões eletrônicas;
- 2) A posição que os pares de elétrons se organizam no espaço nos dá o arranjo eletrônico da molécula;
- 3) Os pares de elétrons de uma ligação dupla são tratados como uma única unidade.
- 4) A **geometria da molécula** é identificada pela posição relativa dos seus átomos.

Por meio desse modelo, é possível explicar a diferença entre a geometria molecular da água ( $H_2O$ ), amônia ( $NH_3$ ) e metano ( $CH_4$ ), apesar de possuírem o mesmo arranjo eletrônico. O carbono, o nitrogênio e o oxigênio possuem quatro pares de elétrons para formarem ligações. **Esses pares de elétrons tendem a ficar os mais distantes possíveis devido à repulsão eletrônica, assim o arranjo que melhor acomoda esses pares de elétrons é o tetraédrico.**

Correlacione a discussão a seguir com a tabela apresentada abaixo. A geometria da água é **angular**, pois seu oxigênio faz duas ligações com dois hidrogênios. O nitrogênio faz três ligações com hidrogênio, resultando em uma geometria **pirâmide trigonal**. Por fim, o carbono do metano se liga a quatro hidrogênios e, por esse motivo, sua geometria molecular é idêntica ao seu arranjo espacial: **tetraédrica**.

<sup>2</sup> BARBOSA, L. C. A. Introdução à Química Orgânica. 2011, 7.

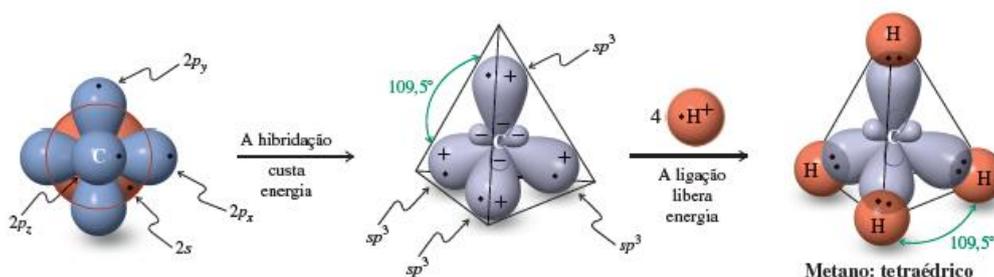


	Água	Amônia	Metano
Arranjo eletrônico			
Geometria molecular			



Para finalizar nossa discussão sobre a hibridização  $sp^3$  do carbono, vamos resumir o que discutimos nesta seção:

- ✓ Para formar 4 ligações iguais, ele pode hibridizar o orbital “s” com os 3 orbitais “p”, formando quatro orbitais de mesma energia chamados de  $sp^3$  (s1p3, ou seja, formados a partir 1 orbital s e 3 orbitais p);
- ✓ As 4 ligações formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultam em **ligações sigma ( $\sigma$ )**;
- ✓ Ao se ligar com 4 átomos (podendo ser hidrogênio ou outros elementos), assume **geometria tetraédrica** (cada ligante posicionado em um vértice de um tetraedro) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das 4 ligações. **Portanto, carbono com hibridização  $sp^3$  assume geometria tetraédrica, com ângulo entre as ligações de 109,5°** conforme ilustrado abaixo para o metano, mas válido para outros compostos com carbono  $sp^3$ .

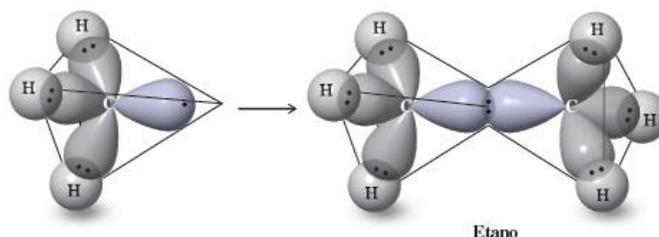


Hibridização do carbono para criar orbitais  $sp^3$ , que vão se ligar a quatro hidrogênios e formar o metano que possui uma geometria tetraédrica.<sup>3</sup>

Para ilustrar a possibilidade de o carbono com hibridização  $sp^3$  assumir geometria tetraédrica, observe a figura abaixo com disposição dos orbitais para os carbonos do etano,  $C_2H_6$ .

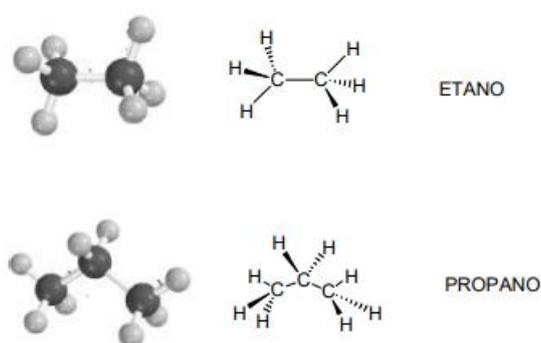
<sup>3</sup> Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 34.





Sobreposição dos orbitais  $sp^3$  para formarem as ligação C-H e a ligação C-C do etano.<sup>4</sup>

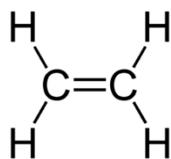
Esse conceito é bem mais facilmente visualizado no modelo de vareta e bola, apresentado na figura abaixo, em que o traço representa uma ligação no plano, o traço achurado representa uma ligação para fora do plano e, por fim, o traço segmentado corresponde a ligação para trás do plano.



Representação do etano e propano pelos modelos de bolha e o de perspectiva.<sup>5</sup>

## Hibridização $sp^2$

Há casos em que o carbono se liga a apenas 3 átomos, fazendo, com um deles, dupla ligação, o que totaliza 4 ligações. Note como isso acontece nos carbonos do eteno abaixo. Nesses casos, as 4 ligações do carbono não possuem a mesma estabilidade e nem os seus orbitais envolvidos nas ligações possuem a mesma energia.



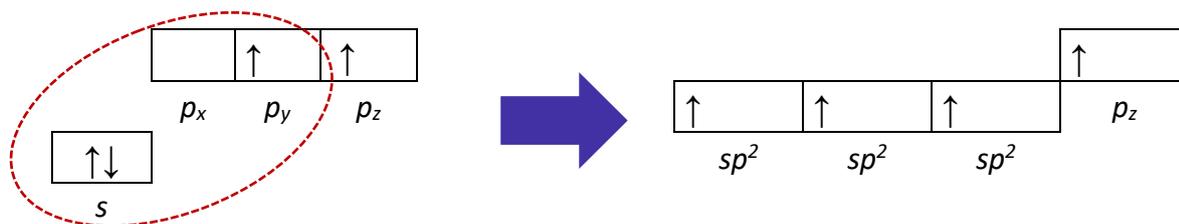
Se as 4 ligações não apresentam ligações próximas, então o modelo hibridização  $sp^3$  não pode ser aplicado. Sendo assim, precisamos de um outro tipo de hibridização que explique essa possibilidade de formação da dupla ligação. No caso de o carbono apresentar uma ligação dupla, a hibridização será diferente, do tipo  $sp^2$

<sup>4</sup> Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 34.

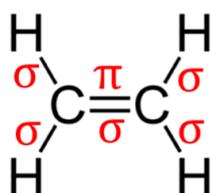
<sup>5</sup> [http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL\\_quimica\\_organica.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_quimica_organica.pdf). Acessado em 20 de ago. 2018.



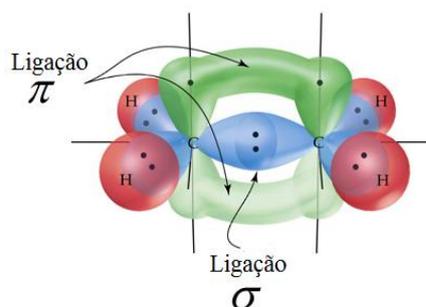
(1 orbital  $s$  hibridiza com 2 orbitais  $p$ ), pois apenas 3 ligações apresentarão energia semelhante (NOTA: lembre-se que são os orbitais que ditam a energia da ligação). Veja abaixo a ilustração da hibridização  $sp^2$ :



Veja que, após a hibridização, o carbono passa a apresentar 3 orbitais  $sp^2$  (formados de 1 orbital  $s$  e 2 orbitais  $p$ ), os quais formam as 3 ligações simples, e 1 orbital  $p$  não hibridizado (puro) que formará a dupla ligação. Em termos energéticos, nota-se que o orbital  $p$  não hibridizado está em um nível acima e, por isso, deve formar uma ligação menos estável. Vamos agora analisar o formato dos orbitais e perceber como eles estão dispostos no espaço para participar das ligações. Tomemos como exemplo, o etano, ilustrado abaixo. Os três orbitais  $sp^2$  são usados para formar as três ligações simples (do tipo sigma,  $\sigma$ ), as quais são equivalentes, e a segunda ligação entre os dois carbonos é formada pelo orbital  $p$  não hibridizado (de energia maior). Esta ligação é do tipo pi ( $\pi$ ), que possui energia superior à ligação  $\sigma$ .



Eteno

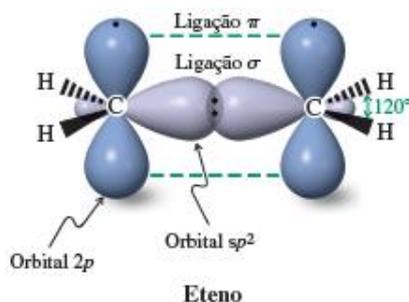


Representação dos orbitais do eteno

Mas o que há de tão diferentes nas ligações  $\sigma$  e  $\pi$ ? O tipo de sobreposição entre os orbitais dos átomos envolvidos na ligação. Note que, para formar a primeira ligação entre os dois carbonos, a sobreposição de seus orbitais é **frontal** (mais efetiva), resultando em maior estabilidade da **ligação  $\sigma$** . Já para formar a segunda ligação entre eles, essa região entre os átomos já está ocupada, portanto a sobreposição precisa ser lateral (em paralelo), o que resulta em uma sobreposição menos efetiva, configurando a **ligação  $\pi$** .

Assim como os orbitais  $sp^3$ , os orbitais  $sp^2$  também sofrem repulsão das cargas entre seus elétrons. Deste modo, os orbitais  $sp^2$  se posicionam no centro de um triângulo equilátero e o orbital  $p$  não hibridizado (puro) fica perpendicular ao plano desse triângulo. Tomemos como exemplo o eteno, figura abaixo, que apresenta geometria trigonal plana com ângulo de  $120^\circ$ .



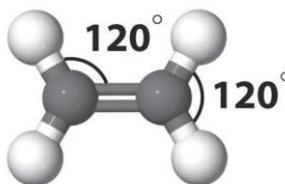


Ligação dupla do eteno. <sup>6</sup>



Para finalizar nossa discussão sobre a hibridização  $sp^2$  do carbono, vamos resumir o que discutimos nesta seção:

- ✓ Para formar 3 ligações iguais (simples, do tipo  $\sigma$ ) e 1 ligação dupla (do tipo  $\pi$ ), ele pode hibridizar o orbital "s" com 2 orbitais "p", formando três orbitais de mesma energia chamados de  $sp^2$  ( $s1p2$ , ou seja, formados a partir 1 orbital s e 2 orbitais p) e restando um orbital p puro (não hibridizado);
- ✓ 3 ligações são formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultando em **ligações sigma ( $\sigma$ )**, e 1 ligação é formada a partir de sobreposição lateral de orbitais, resultando em **ligação pi ( $\pi$ )**;
- ✓ Ao se ligar com 3 átomos, o carbono assume **geometria trigonal plana** (cada ligante posicionado em um vértice de um triângulo) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das 3 ligações (2 simples e 1 um dupla, já que ligações duplas e triplas no modelo VSEPR, são consideradas como uma única ligação para fins de geometria). **Portanto, carbono com hibridização  $sp^2$  assume geometria trigonal plana, com ângulo entre as ligações de  $120^\circ$** , conforme ilustrado abaixo pelo modelo de vareta e bolas.



Geometria trigonal plana dos carbonos  $sp^2$ .

Para ilustrar a possibilidade de o carbono com hibridização  $sp^3$  assumir geometria tetraédrica, observe a figura abaixo com disposição dos orbitais para os carbonos do etano,  $C_2H_6$ .

<sup>6</sup> Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 35.



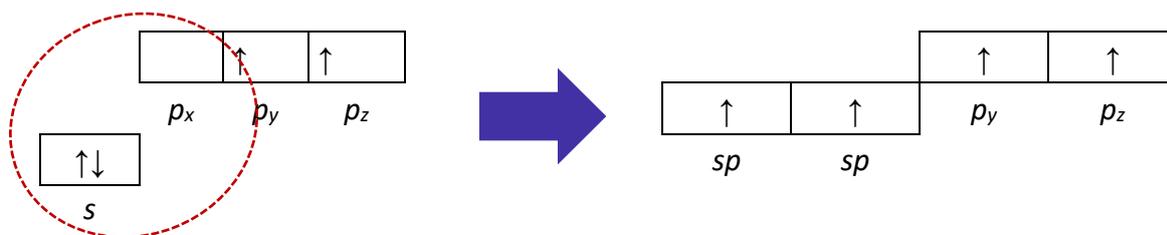
## Hibridização $sp$

Em um último caso, o carbono pode se ligar a apenas dois átomos e realizar duas duplas ligações ( $=C=$ ) ou realizar uma ligação simples e uma tripla ( $-C\equiv$ ), apresentando 2 ligações  $\sigma$  e 2 ligações  $\pi$  em ambos os casos:



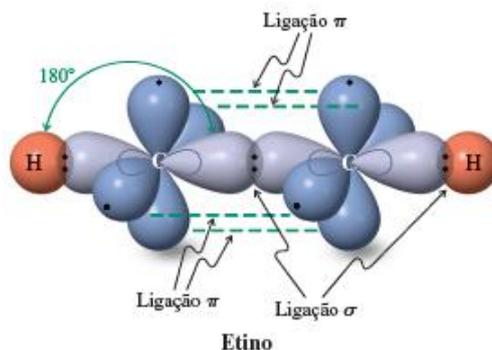
Note que a primeira ligação formada por cada carbono é  $\sigma$  e as demais que compõe a dupla ou tripla ligação são sempre  $\pi$ , o que faz todo sentido visto que só podemos ter uma sobreposição frontal de orbitais entre dois átomos.

Nesses dois casos, a hibridização do carbono é do tipo  $sp$ , formando dois orbitais hibridizados  $sp$ , e dois orbitais  $p$  não hibridizados, que permanecerão em um nível mais elevado de energia, formando as ligações  $\pi$ , conforme demonstrado abaixo:



Veja que, após a hibridização, o carbono passa a apresentar 2 orbitais  $sp$  (formados de 1 orbital  $s$  e 1 orbital  $p$ ), os quais formam as 2 ligações simples (do tipo  $\sigma$ ), e 2 orbitais  $p$  não hibridizados (puros) que formarão as ligações  $\pi$ . Em termos energéticos, nota-se que os orbitais  $p$  não hibridizados estão em um nível acima e, por isso, deve formar duas ligação menos estável do tipo  $\pi$ . Vamos agora analisar o formato dos orbitais e perceber como eles estão dispostos no espaço para participar das ligações. Tomemos como exemplo, o etino,  $HC\equiv CH$ , ilustrado abaixo. Os dois orbitais  $sp$  são usados para formar as duas ligações simples (do tipo sigma,  $\sigma$ ), uma com hidrogênio e a outra com o outro carbono, as quais são equivalentes, e a segunda e terceira ligações entre os dois carbonos são formadas pelos os orbitais  $p$  não hibridizados (de energia maior). Estas ligações são do tipo pi ( $\pi$ ), que possuem energia superior à ligação  $\sigma$  devido a sobreposição lateral (menos efetiva) de orbitais.





Ligação tripla do etino.<sup>7</sup>

Por fim, podemos falar da geometria (lembre-se: no modelo VSEPR, triplas e duplas são consideradas como uma única ligação para fins de geometria). Nesse caso, para distanciar, ao máximo possível, os elétrons envolvidos na tripla ligação e na ligação simples, o ângulo de ligação será 180° configurando a **geometria linear**.



Etino pelo modelo de varetas e bolas



Para finalizar nossa discussão sobre a hibridização  $sp$  do carbono, vamos resumir o que discutimos nesta seção:

- ✓ Para formar 2 ligações  $\sigma$  e 2 ligações  $\pi$  ( $=C=$  ou  $-C\equiv$ ), ele pode hibridizar o orbital “s” com 1 orbital “p”, formando dois orbitais de mesma energia chamados de  **$sp^2$**  ( $s1p2$ , ou seja, formados a partir 1 orbital s e 1 orbitais p) e restando dois orbitais **p** puros (não hibridizados);
- ✓ 2 ligações são formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultando em **ligações sigma ( $\sigma$ )**, e 2 ligações são formadas a partir de sobreposição lateral de orbitais, resultando em **ligações pi ( $\pi$ )**;
- ✓ Ao se ligar com 2 átomos, o carbono assume **geometria linear** (cada ligante posicionado em lados opostos ao carbono) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das ligações. **Portanto, carbono com hibridização  $sp$  assume geometria linear, com ângulo entre as ligações de 180°.**

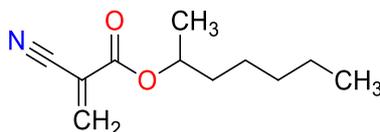
Para ilustrar a possibilidade de o carbono com hibridização  $sp^3$  assumir geometria tetraédrica, observe a figura abaixo com disposição dos orbitais para os carbonos do etano,  $C_2H_6$ .

<sup>7</sup> Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 35.



## Hibridização de outros elementos

A hibridização dos orbitais não ocorre apenas no átomo de carbono. Outros átomos ligados ao carbono também podem ser hibridizados. O modelo de hibridização pode ser aplicado em qualquer átomo. Por exemplo, na molécula supercola, apresentada na figura abaixo, ocorre a ligação  $C\equiv N$  em que ocorre hibridização do tipo  $sp$  no carbono e no nitrogênio. Nessa mesma molécula, na ligação  $C=O$ , o carbono e o oxigênio são  $sp^2$  e, na ligação  $C-O$ , o carbono e o oxigênio são  $sp^3$ .



Estrutura da molécula super-cola.



É importante determinar a hibridização do oxigênio e do nitrogênio. Uma maneira mais fácil e ágil de realizar essa identificação é pelo número de ligações  $\pi$ , conforme apresentado na tabela abaixo. Observe alguns exemplos na figura a seguir.

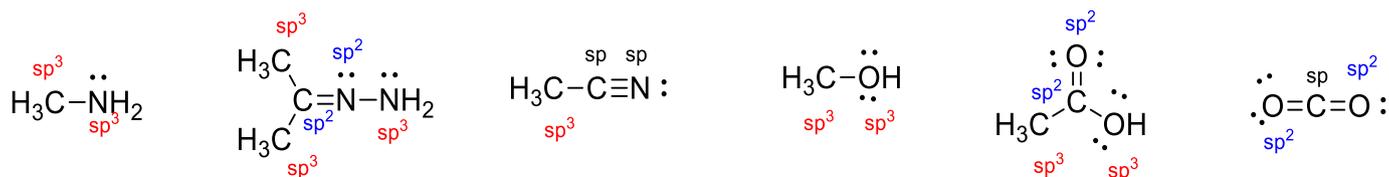
Número de ligações $\pi$	Hibridização
0	$sp^3$
1	$sp^2$
2	$sp$

Outra relação útil (bizu) é:

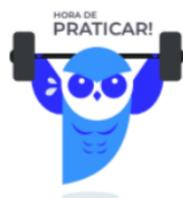
Carbono ligado a	Hibridização	Ligação
4 átomos diferentes	$sp^3$	$\begin{array}{c}   \\ -C- \\   \end{array}$
3 átomos diferentes	$sp^2$	$\begin{array}{c} \diagup \\ C= \\ \diagdown \end{array}$
2 átomos diferentes	$sp$	$\begin{array}{c} -C\equiv \\ \\ =C= \end{array}$

Vamos praticar, nos exemplos abaixo, o conhecimento sobre o tipo de hibridização:





Exemplos de hibridizações  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ .<sup>8</sup>



(CESPE – Perito Criminal/Química - POLÍCIA CIENTÍFICA-PE -2016) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação  $\text{C}=\text{C}$ , é correto afirmar que ela é formada:

- A) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .
- B) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- C) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- D) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- E) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

#### Comentários:

A ligação  $\text{C}=\text{C}$  é formada por uma ligação  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ . A ligação  $\sigma$  é formada pela interação dos orbitais híbrido  $sp^2$  de cada átomo de carbono e a ligação  $\pi$  é formada pelas interações dos orbitais  $p$  de cada carbono.

**Resposta: letra C**

(UTFPR - Químico - UTFPR - 2015) O metano é um dos compostos mais abundantes de todos os compostos do ciclo do carbono. É formado principalmente quando os compostos que contêm carbono se decompõem, na ausência de ar (condições anaeróbicas). Sobre a hibridização e as ligações do metano é correto afirmar que:

- a) todos os três orbitais  $sp^3$  do átomo de carbono da molécula de metano têm igual energia, pois os elétrons de valência do carbono estão distribuídos igualmente entre si.

<sup>8</sup> Adaptado de BRUCE, P. Y. Química Orgânica, v. 1, 2006, 36.



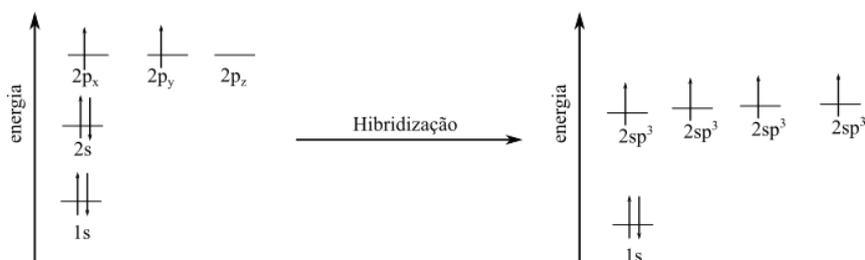
- b) ligações  $\sigma$  que envolvem orbitais híbridos  $sp^3$  de carbono são mais fortes do que as ligações que envolvem orbitais não híbridos  $2s$  ou  $2p$ .
- c) cada ligação C-H é uma ligação  $\sigma$  em que um orbital  $1s$  semipreenchido de hidrogênio se sobrepõe a um orbital  $p$  semipreenchido de carbono.
- d) os eixos dos orbitais híbridos  $sp$  do metano apontam para os vértices de um tetraedro.
- e) a teoria de ligação de valência se baseia na sobreposição em fase dos orbitais semipreenchidos dos átomos conectados, e os orbitais híbridos do carbono na molécula de metano apresentam a configuração eletrônica  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ .

### Comentários:

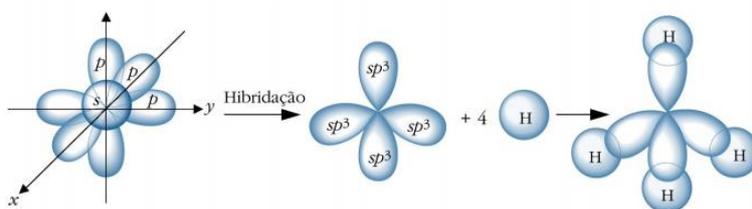
Questão perniciosa. Por isso, vamos analisar com calma cada uma de suas alternativas.

**Letra A: incorreta.** Todos os orbitais  $sp^3$  do carbono do metano têm igual energia. No entanto, são 4 orbitais e não três como é afirmado. Erro sutil que poderia enganar o aluno pouco atento.

**Letra B: correta.** Se pensássemos somente na energia dos orbitais atômicos, julgaríamos a alternativa incorreta, pois orbitais híbridos tem energia intermediária entre os orbitais que o originaram, conforme ilustrado abaixo.



No entanto, outros aspectos precisam ser considerados. O primeiro deles é que não estamos analisando a energia do átomo de carbono, mas sim os orbitais moleculares responsáveis pelas ligações entre carbono e hidrogênio do  $CH_4$ . Além disso, devemos ter em mente que a força de uma ligação covalente se relaciona também com a sobreposição dos orbitais atômicos envolvidos. Sendo assim, quanto maior for a sobreposição, mais forte será a ligação e menor será sua energia. Ao apresentar hibridização  $sp^3$ , o carbono realiza 4 ligações covalentes com sobreposição frontal (sobreposição efetiva) com os orbitais  $s$  dos hidrogênios, conforme ilustrado abaixo.



Hibridização  $sp^3$  do metano.<sup>9</sup>

Admitindo que o carbono é tetravalente, sabemos que, caso ele não apresente hibridização  $sp^3$ , pelo menos uma de suas 4 ligações será  $\pi$  ( $\pi$ ), oriunda de orbitais não hibridizados, na qual a sobreposição é lateral, menos efetiva, o que enfraquece a ligação.

<sup>9</sup> BARBOSA, L. C. A. Introdução à Química Orgânica. 2011, 7.



Outro fator a ser observado que confirma essa tendência é a repulsão dos pares de elétrons. Segundo o modelo da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (RPECV ou VSEPR), quanto mais afastados estão os pares de elétrons, menor será a energia de repulsão eletrônica. Sob esse aspecto, notamos que os pares de elétrons na hibridização  $sp^3$  estão mais distantes entre si do que em carbonos que apresentam duplas ligações, em que, pelo menos dois pares, estão muito próximos, ambos na região interátomos. Sendo assim, a menor repulsão dos pares de elétrons na hibridização  $sp^3$  contribui para uma maior estabilização e, conseqüentemente, para a formação de ligações mais fortes.

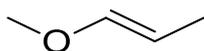
**Letra C: incorreta.** Como no metano o carbono apresenta hibridização, não será seus orbitais p que participarão da ligação, mas sim os orbitais  $sp^3$ .

**Letra D: incorreta.** Embora os orbitais do carbono do metano apontem para os vértices de um tetraedro, a sua hibridização é  $sp^3$  e não  $sp$ .

**Letra E: incorreta.** Embora não seja foco desta aula, a teoria de ligação de valência explica a ligação química como resultado da sobreposição de orbitais atômicos e emparelhamento de elétrons. No entanto, a distribuição eletrônica apresentada está incorreta por não apresentar a hibridização e os 4 elétrons desemparelhados, o que permitiria a formação de 4 ligações sigma de mesma energia.

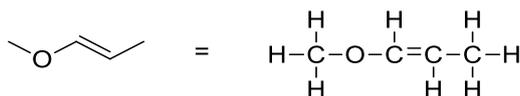
**Resposta: letra B**

**(CONSULPLAN - Químico - MAPA - 2014) Quantos carbonos estão com seus orbitais hibridizados no tipo  $sp^3$  no composto apresentado?**

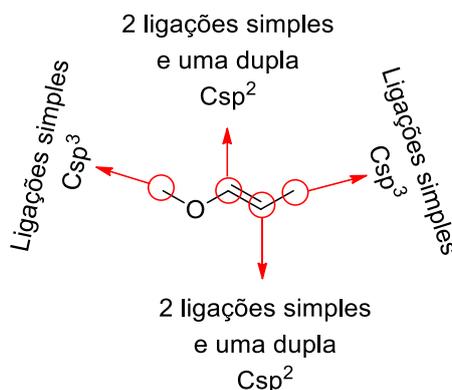


- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

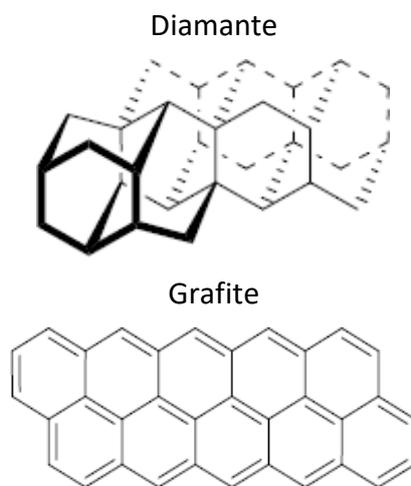
**Comentários:**



Vimos que o átomo de carbono apresenta hibridização  $sp^3$  quando realiza ligações com quatro átomos diferentes. Vimos ainda que o carbono apresenta hibridização  $sp^2$  quando realiza ligações com três átomos diferentes. Logo, o composto apresentado possui dois carbonos com hibridização do tipo  $sp^3$  e dois do tipo  $sp^2$ . Observem nos destaques realizados na estrutura abaixo:



(CESMAC - 2019) O carbono é encontrado na natureza em diferentes arranjos e estruturas. O carbono diamante (C<sub>diam</sub>), possui alto valor agregado e é formado sob alta pressão, possuindo estrutura onde o carbono realiza quatro ligações simples. Já o carbono grafite (C<sub>graf</sub>) possui valor agregado muito baixo, comparado ao seu alótropo diamante e realiza ligações duplas conjugadas. As representações das estruturas dos átomos de carbono nos diferentes alótropos, diamante e grafite, estão representadas abaixo.



A partir das estruturas citadas e do enunciado da questão, podemos afirmar que a hibridização dos átomos de carbono presentes no diamante e no grafite são, respectivamente:

- a)  $sp^3$  e  $sp$
- b)  $sp^2$  e  $sp^2$
- c)  $sp^3$  e  $sp^2$
- d)  $sp^3$  e  $sp^3$
- e)  $sp^2$  e  $sp^3$

**Comentários:**

Como mencionado no enunciado, os átomos de carbono no diamante fazem quatro ligações simples, já o carbono grafite realiza uma ligação dupla. Como vimos anteriormente, o carbono apresenta hibridização  $sp^3$  quando faz quatro ligações simples, e  $sp^2$  quando faz uma ligação dupla, logo a hibridização do carbono diamante é  $sp^3$  e do carbono grafite é  $sp^2$ .

**Resposta: letra C**

## Comprimento das ligações e paralelo entre as hibridizações

Para finalizar nosso extenso e detalhado estudo sobre hibridizações, vamos falar sobre o comprimento das ligações e também fazer um rápido paralelo entre as hibridizações. *Será que os diferentes tipos de ligação*



apresentam o mesmo comprimento? Certamente não, pois esse comprimento depende dos átomos envolvidos, bem como da presença de dupla ou tripla ligação entre eles.

Como já adiantado, o comprimento de uma ligação C–H depende da hibridização do átomo de carbono. A ligação  $\sigma$  é a que define o comprimento da ligação por conta do entrosamento linear. Sabemos que as ligações  $\sigma$  do carbono são de orbitais híbridos  $sp^3$ ,  $sp^2$  ou  $sp$ . Sabemos ainda que esses orbitais são diferentes e que, quanto maior o caráter  $s$ , menor e mais forte será a ligação, já que esse orbital é esférico, menor e se situa mais próximo do núcleo quando comparado aos orbitais  $p$ . Deste modo, as ligações  $\sigma$  ( $sp^3$ : 25% de caráter  $s$  e 75% de caráter  $p$ ) são maiores que as ligações duplas ( $sp^2$ : 33,3% de caráter  $s$  e 66,7% de caráter  $p$ ), que por sua vez, são maiores que as ligações triplas ( $sp$ : 50% de caráter  $s$  e 50% de caráter  $p$ ).

Um modo simplista é pensar que, a cada ligação adicional entre dois átomos, mais eles estarão atraídos entre si e, por isso, haverá uma diminuição da ligação. Apenas para ilustrar nossa discussão [não é necessário memorizar], segue a tabela abaixo com uma comparação do comprimento das ligações simples, duplas e triplas.

Comparação das ligações simples, duplas e triplas.<sup>10</sup>

Ligação	Hibridização	caráter $s$ (%)	Ângulo de ligação	Comprimento de ligação C–C (Å)	Comprimento de ligação C–H (Å)
C–C	$sp^3$	25	109,5°	1,54	1,10
C=O	$sp^2$	33	120°	1,33	1,08
C≡C	$sp$	50	180°	1,20	1,06

<sup>a</sup> 1Å = 10<sup>-10</sup> m.

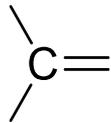
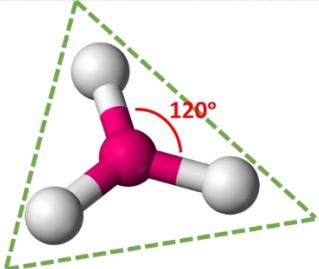
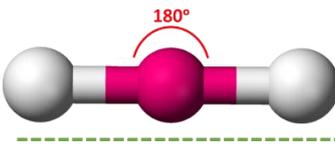
Por fim, resumo na tabela abaixo, o comparativo entre as hibridizações, geometria e ângulo entre as ligações simples, duplas e triplas.

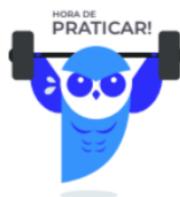


Hibridização	Ligações	Geometria molecular	Considerações
$sp^3$		 Tetraédrica	A esfera central representa o carbono ligado a quatro átomos (esferas brancas). O maior distanciamento entre os pares eletrônicos será obtido orientando os 4 ligantes na direção dos <b>vértices de um tetraedro</b> , o que justifica o nome dessa geometria. Nesse caso, os diferentes pares eletrônicos se distanciam em um ângulo de <b>109,5°</b> .

<sup>10</sup> Adaptado de BRUICE, P. Y. Química Orgânica, v. 1, 2006, 37.



$sp^2$		 Trigonal planar	Nas situações em que carbono se liga a três átomos apenas, a maneira de distanciá-los ao máximo é posicioná-los na direção dos <b>vértices de um triângulo</b> . Como o triângulo pode ser apresentado em um plano, a geometria recebe o nome de trigonal planar. Nesse caso, os pares eletrônicos formam um ângulo de <b>120°</b> ( $360^\circ/3$ ).
$sp$	$=C=$ ou $-C\equiv$	 Linear	Caso haja apenas 2 átomos ligados ao carbono, ele assumirá geometria <b>linear</b> para distanciar ao máximo seus dois ligantes. O ângulo formado entre pares de elétrons é <b>180°</b> .



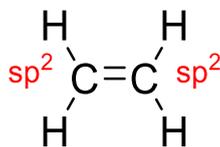
(COSEAC - Técnico de Laboratório/Área: Química - UFF - 2015) O hidrocarboneto que apresenta todos os átomos de carbono com orientação espacial tetraédrica é:

- a) eteno.
- b) benzeno.
- c) etino.
- d) prop-1,2-dieno.
- e) metil-propano.

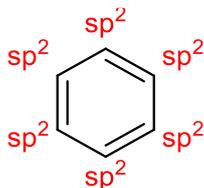
**Comentários:**

Na tabela acima é mostrado um resumo das ligações feitas pelo carbono com respectivas hibridizações, geometrias e ângulos de ligações. Com isso, fica fácil resolver a questão. Vejamos:

Eteno: cada carbono faz três ligações  $\rightarrow$  hibridização  $sp^2$   $\rightarrow$  geométrica = trigonal planar



Benzeno: cada carbono faz três ligações  $\rightarrow$  hibridização  $sp^2$   $\rightarrow$  geométrica = trigonal planar

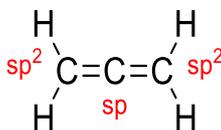


Etino: cada carbono faz duas ligações  $\rightarrow$  hibridização  $sp$   $\rightarrow$  geométrica = linear

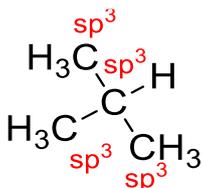




Prop-1,2-dieno: os carbonos terminais fazem três ligações → hibridização  $sp^2$  → geométrica = trigonal plana. Já o carbono central faz duas ligações → hibridização  $sp$  → geométrica = linear



Metil-propano: os quatro carbonos fazem quatro ligações cada um → hibridização  $sp^3$  → geometria tetraédrica



**Resposta: letra E**

(CENTRO - Químico - ANVISA - 2013) HCN é um gás que foi muito utilizado nas câmaras dos campos de concentração, na Alemanha nazista, para o extermínio de seres humanos. Sabe-se que o mesmo se combina com a hemoglobina e, por sua vez, causa a morte da pessoa por asfixia, pelo fato de a estrutura sanguínea não conseguir se combinar ao  $O_2$  oriundo da inspiração. Em solução aquosa forma um ácido fraco. Assinale a alternativa que possui a geometria molecular e o tipo de ligação intramolecular, respectivamente.

- a) Angular e covalente.
- b) Linear e covalente.
- c) Linear e iônica.
- d) Linear e coordenada.
- e) Angular e iônica.

**Comentários:**

Na molécula de HCN, o carbono faz uma ligação simples com o átomo de hidrogênio e uma ligação tripla com o átomo de nitrogênio ( $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$ ), desta forma, concluímos que a hibridização do carbono é  $sp$  e, como já mostrado anteriormente, carbonos com hibridização  $sp$  possuem geometria linear. Além disso, vimos anteriormente que o carbono faz ligação covalente.

**Resposta: letra B**

## Classificação do átomo de carbono e das cadeias carbônicas

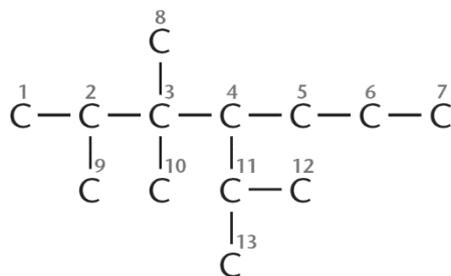
Como já mencionado, o carbono apresenta a capacidade de fazer ligações com outros carbonos, formando cadeia carbônicas, e com átomos de outros elementos químicos. Devido à essa capacidade, o carbono pode apresentar ramificações nas cadeias carbônicas. De acordo com o número de carbonos ligados diretamente ao carbono  $sp^3$  (aquele que realiza 4 ligações simples), ele pode ser classificado em **metílico (nulário)**, **primário**, **secundário**, **terciário** ou **quaternário**, conforme apresentado na tabela abaixo.



Tabela com classificação dos carbonos em vermelho

$\text{CH}_4$				
Zero carbonos ligados	1 carbono ligado	2 carbonos ligados	3 carbonos ligados	4 carbonos ligados
Metílico (nulário)	Carbono primário	Carbono secundário	Carbono terciário	Carbono quaternário

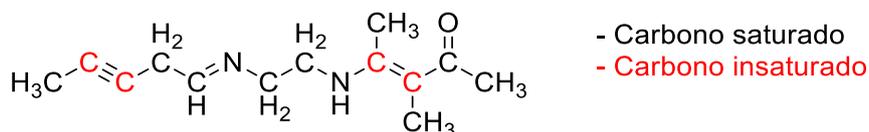
Para praticar, vamos classificar os carbonos cadeia orgânica simplificada abaixo, retirada do livro Feltre:



Classificação dos carbonos da cadeia acima:

- **Primários:** 1, 7, 8, 9, 10, 12 e 13;
- **Secundários:** 5 e 6;
- **Terciários:** 2, 4 e 11;
- **Quaternário:** 3.

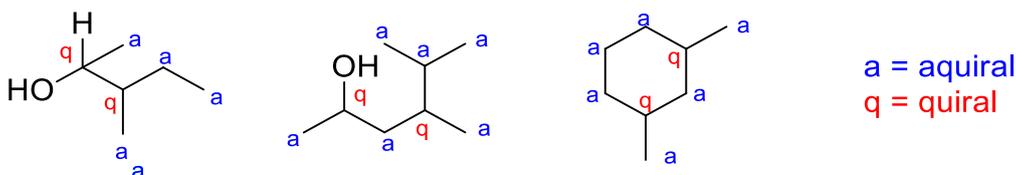
Vimos anteriormente que o carbono pode fazer ligações  $\sigma$  e/ou  $\pi$  com outro átomo de carbono. Dessa forma, o mesmo pode ser classificado como **saturado** (apenas ligações simples) ou **insaturado** (com ligação dupla e/ou tripla) de acordo com o tipo de ligação que apresentar. Nas situações em que o **carbono apresenta ligação  $\pi$** , é classificado como insaturado. Por outro lado, caso não apresente nenhuma ligação  $\pi$ , então é classificado como saturado. No exemplo da figura abaixo, note os carbonos saturados em preto e os insaturados em vermelho (lembre-se de completar a valência do carbono com hidrogênios). É importante ressaltar que embora carbonos possam apresentar dupla ligação ou tripla ligação com outros átomos diferentes do carbono, a exemplo do nitrogênio ou do oxigênio, eles não serão classificados como insaturados. **Isto é, a instauração só se configura com a presença de ligação dupla ou tripla entre carbonos, beleza?!**



Exemplos de carbonos insaturados.

Além disso, o carbono pode ser classificado em quiral ou não quiral. Ele é classificado como quiral quando realiza quatro ligações com quatro substituintes (grupos) diferentes, veja os exemplos da figura abaixo. Em outra aula, vamos aprofundar esses conceitos.

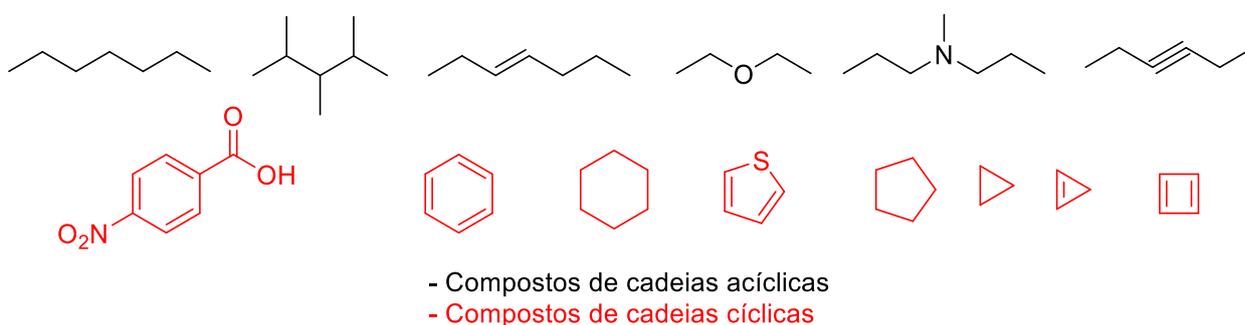




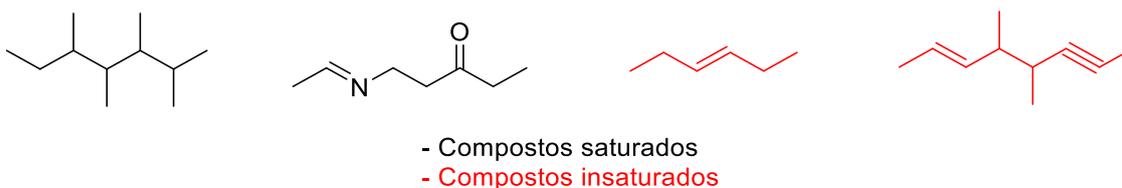
Exemplos de carbonos quirais e aquirais.

Além de classificar os carbonos, também podemos classificar uma cadeia carbônica de acordo com vários critérios:

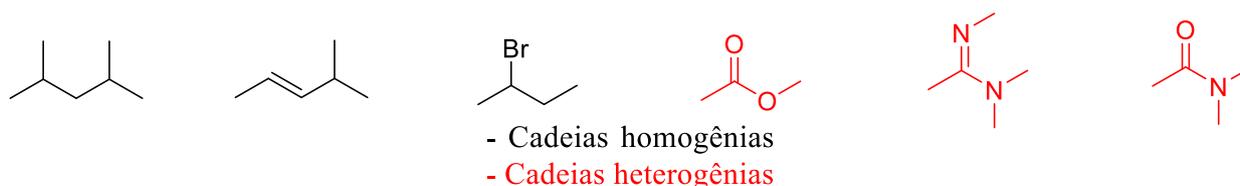
- a) **Quanto ao sentido do percurso:** em função da presença de ciclo, a cadeia é classificada em **cíclica** ou **acíclica**.



- b) **Quanto à saturação:** vocês se lembram que os carbonos podem ser classificados em saturados e insaturados? Muito bem! Ao classificarmos cadeias carbônicas, usamos o mesmo raciocínio. As cadeias insaturadas são as que possuem pelo menos dois átomos de carbonos ligados entre si por uma ligação múltipla (dupla ou tripla). Nesse sentido, podem ser classificadas como **saturadas** ou **insaturadas**.



- c) **Quanto à natureza:** alguns compostos orgânicos podem apresentar **heteroátomos** (heteroátomos são átomos diferentes de carbono e hidrogênio) presentes na cadeia, e por conta disso as cadeias podem ser classificadas como **homogêneas** e **heterogêneas**. Além disso, caso uma cadeia cíclica contenha heteroátomo, geralmente é chamada de heterocíclico.



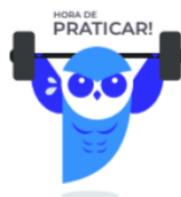
- d) **Quanto à ramificação:** por último, as cadeias carbônicas podem ainda ser classificadas em **ramificadas** ou **não ramificadas**. As cadeias não ramificadas são as que apresentam apenas carbonos



primários e secundários, possuindo apenas duas extremidades. Já a ramificada possui mais de duas extremidades e, por isso, apresentam pelo menos um carbono terciário ou quaternário.



- Cadeias normais  
- Cadeias ramificadas



(IFSul 2018) Leia o texto abaixo e responda à questão.

A qualidade da gasolina é definida de acordo com o índice de octanagem do combustível. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos que variam sua cadeia carbônica de quatro a doze átomos de carbono (gasolina automotiva) e de cinco a dez átomos de carbono (gasolina de aviação), a média de átomos de carbono geral das cadeias é de oito carbonos. As gasolinas que possuem alto índice de isoctano são considerados combustíveis de alta qualidade e poder de combustão. A equação não-balanceada abaixo representa a reação de combustão do isoctano:

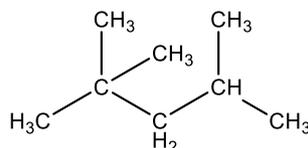


O isoctano é um hidrocarboneto que apresenta cadeia carbônica

- A) normal e insaturada.
- B) ramificada e saturada.
- C) ramificada e insaturada.
- D) normal e saturada.

**Comentários:**

O isoctano possui uma cadeia ramificada, pois possui ramificações, e é saturado porque só faz ligações simples entre os átomos de carbono.

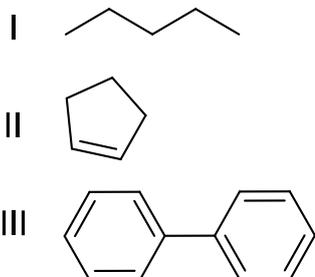


**Resposta: letra B**



(CESGRANRIO - Técnico de Perfuração e Poços Júnior - Petrobras - 2014) De acordo com o tipo de cadeia, com o tipo de ligações e com o arranjo dos átomos, os hidrocarbonetos podem apresentar diferentes classificações.

Associe os hidrocarbonetos com as suas classificações.



P - Hidrocarboneto aromático polinuclear com núcleos condensados.

Q - Hidrocarboneto aromático policíclico com núcleos isolados.

R - Hidrocarboneto saturado que possui cinco átomos de carbono.

S - Hidrocarboneto não ramificado que possui oito átomos de hidrogênio.

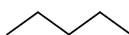
As associações corretas são:

- a) I - R, II - S, III - P
- b) I - R, II - S, III - Q
- c) I - Q, II - R, III - Q
- d) I - P, II - R, III - P
- e) I - S, II - Q, III - P

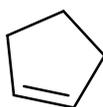
#### Comentários:

As carbônicas podem ser classificadas de diversas maneiras, na tabela acima está resumido para nos ajudar. Com isso podemos resolver a questão.

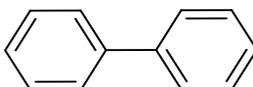
I: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_5H_{12}$ , de cadeia acíclica, saturada, homogêneo e não ramificada.



II: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_5H_8$ , de cadeia cíclica, insaturada, homogênea e não ramificada.

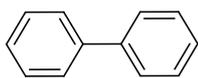


III: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_{12}H_{10}$ , de cadeia cíclica, insaturada, homogênea e ramificada.

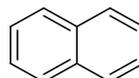




Cadeias policíclica ou polinuclear apresentam pelo menos dois ciclos ou anéis. Além disso, é importante saber que núcleos isolados são diferentes de núcleos condensados. Vejam o exemplo:



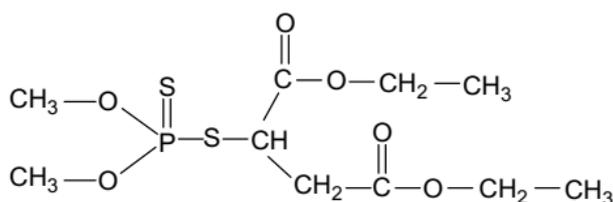
núcleo isolado



núcleo condensado

**Resposta: letra B**

(UFPA – Técnico de Laboratório/Área: Química – UFPA - 2018) O Malation, representado na fórmula estrutural abaixo, é um composto organofosforado solúvel em meio aquoso muito utilizado como agrotóxico. É líquido à temperatura ambiente, funde a 2,90C, possui densidade 1,23 g.cm-3, ponto de ebulição 1530C e massa molar 330,3 g.mol-1

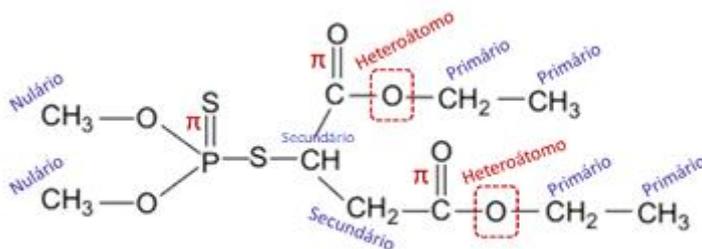


Na molécula desse composto há

- A) somente dois heteroátomos.
- B) apenas carbonos primários e terciários.
- C) somente carbonos com hibridização sp<sup>2</sup>.
- D) mais ligações π (pi) do que ligações σ (síigma).

**Comentários:**

Para analisarmos conjuntamente todas as alternativas, destaquei na figura abaixo todas as ligações pi (lembrando que todas as demais são ligações sigma), destaquei ainda os heteroátomos (lembrando que só é heteroátomo quando estiver entre dois carbonos) e também destaquei a classificação dos carbonos sp<sup>3</sup>, que são aqueles que podemos classificar como nulário (ligado a zero carbonos), primário (ligado a um carbono), secundário (a dois), terciário (a três) e quaternário (a quatro).



Como se vê, o número de ligações sigma é muito maior que as pi. Além disso, temos carbonos nulários, primários e um secundário. Portanto, a alternativa correta é a “A”, que afirma que há apenas dois heteroátomos.

**Resposta: letra A**

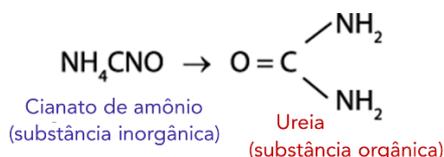
## PRINCIPAIS PONTOS DO TÓPICO

### Noções iniciais sobre Química Orgânica

**Bergman (em 1777):** definiu **química orgânica** como o ramo que estudava compostos oriundos dos organismos vivos, ao contrário da química inorgânica que estudava as substâncias que compunham o reino mineral.

**Berzelius (em 1807):** propôs a **teoria da força vital** ou **vitalismo** que dizia que substâncias orgânicas só poderiam ser produzidas (sintetizadas) por organismos vivos, ou seja, tratava como impossível a síntese artificial dessas substâncias.

**Friedrich Wohler (em 1828):** sintetizou (obteve) em laboratório ureia (substância orgânica encontrada na urina) a partir do aquecimento de cianato de amônio, conforme reação abaixo. Desta forma, ele demonstrou ser incorreta a teoria da força vital.



**Kekulé (em 1858):** por meio da observação de que todos os compostos orgânicos possuíam carbono, ele propôs que a **química orgânica** é o ramo da química que estuda os compostos do carbono, proposta ainda aceita nos dias atuais.

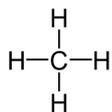
#### Propriedades dos compostos orgânicos:

- a) São formados fundamentalmente por uma CADEIA carbônica (carbono ligado a outro(s) carbono(s)).
- b) Os pontos de fusão e de ebulição de compostos orgânicos, geralmente, são mais baixos que dos compostos inorgânicos.
- c) Os compostos orgânicos, em geral, são apolares e, por isso, são solúveis em solventes mais apolares.
- d) A maioria dos compostos orgânicos podem sofrer combustão.

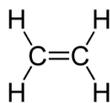
#### Postulados de Kekulé:

**1) O carbono é tetravalente:** pode realizar, portanto, 4 ligações simples; 1 ligação duplas e 2 simples; 2 ligações duplas; e 1 ligação tripla e 1 ligação simples. Observe essas 4 possibilidades nos exemplos abaixo.

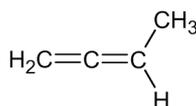




Metano



Eteno

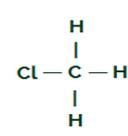
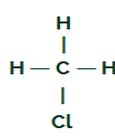
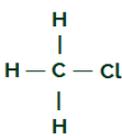
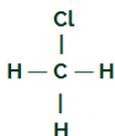


1,2 butadieno



Etino

2) O carbono tem quatro valências livres que são iguais entre si, ou seja, um mesmo átomo ligado em qualquer uma das posições abaixo não torna as substâncias diferentes (4 compostos abaixo são iguais).

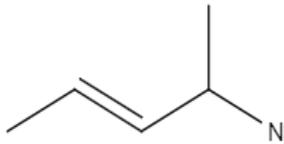


3) Os carbonos ligam entre si formando cadeias carbônicas que são estruturas estáveis.

### Principais valências em química orgânica

Elemento(s)	Valência (nº de ligações)	Possibilidades de ligações em compostos orgânicos			
Carbono	4	$\begin{array}{c}   \\ -\text{C}- \\   \end{array}$	$\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \end{array}=\text{}$	$=\text{C}=\text{}$	$-\text{C}\equiv$
Nitrogênio	3	$\begin{array}{c}   \\ -\text{N}- \\   \end{array}$	$-\text{N}=\text{}$	$\text{N}\equiv$	
Oxigênio e enxofre	2	$-\text{O}-$	$\text{O}=\text{}$	$-\text{S}-$	$\text{S}=\text{}$
Hidrogênio e halogênios (F, Cl, Br, I)	1	$\text{H}-$	$\text{F}-$	$\text{Cl}-$	

Três maneiras de representarmos a estrutura dos compostos orgânicos:

$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}=\text{C}-\text{C} \\   \quad   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{N}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$	
<i>Estrutural</i>	<i>Estrutural simplificada</i>	<i>Estrutura de bastão</i>

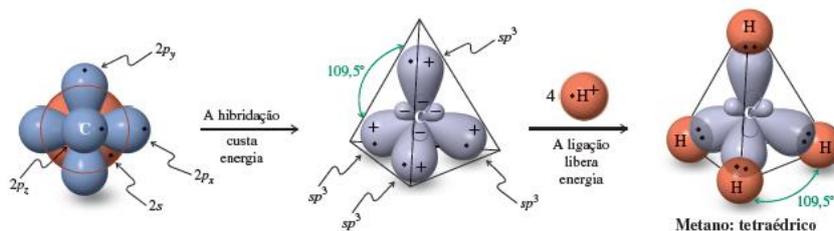
### Hibridizações do carbono e suas geometrias

#### Hibridização $sp^3$ :

- ✓ Para formar 4 ligações iguais, ele pode hibridizar o orbital "s" com os 3 orbitais "p", formando quatro orbitais de mesma energia chamados de  $sp^3$  (s1p3, ou seja, formados a partir 1 orbital s e 3 orbitais p);

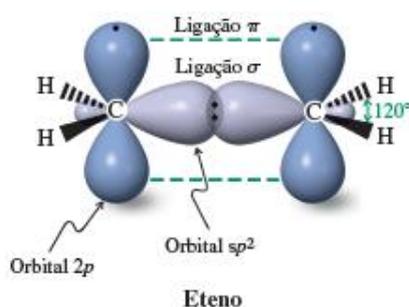


- ✓ As 4 ligações formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultam em **ligações sigma ( $\sigma$ )**; e
- ✓ Ao se ligar com 4 átomos (podendo ser hidrogênio ou outros elementos), assume **geometria tetraédrica** (cada ligante posicionado em um vértice de um tetraedro) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das 4 ligações. **Portanto, carbono com hibridização  $sp^3$  assume geometria tetraédrica, com ângulo entre as ligações de  $109,5^\circ$**  conforme ilustrado abaixo para o metano, mas válido para outros compostos com carbono  $sp^3$ .



### Hibridização $sp^2$ :

- ✓ Para formar 3 ligações iguais (simples, do tipo  $\sigma$ ) e 1 ligação dupla (do tipo  $\pi$ ), ele pode hibridizar o orbital "s" com 2 orbitais "p", formando três orbitais de mesma energia chamados de  **$sp^2$  ( $s1p2$ , ou seja, formados a partir 1 orbital s e 2 orbitais p)** e restando um orbital **p puro (não hibridizado)**;
- ✓ 3 ligações são formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultando em **ligações sigma ( $\sigma$ )**, e 1 ligação é formada a partir de sobreposição lateral de orbitais, resultando em **ligação pi ( $\pi$ )**;
- ✓ Ao se ligar com 3 átomos, o carbono assume **geometria trigonal plana** (cada ligante posicionado em um vértice de um triângulo) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das 3 ligações (2 simples e 1 um dupla, já que ligações duplas e triplas no modelo VSPER, são consideradas como uma única ligação para fins de geometria). **Portanto, carbono com hibridização  $sp^2$  assume geometria trigonal plana, com ângulo entre as ligações de  $120^\circ$** , conforme ilustrado abaixo pelo modelo de vareta e bolas. Ex:

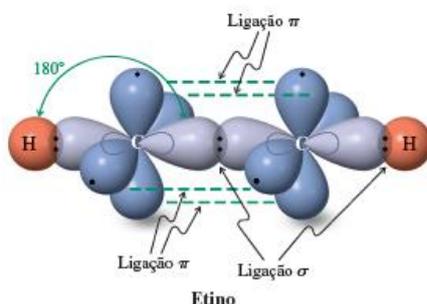


### Hibridização $sp$ :

- ✓ Para formar 2 ligações  $\sigma$  e 2 ligações  $\pi$  ( $=C=$  ou  $-C\equiv$ ), ele pode hibridizar o orbital "s" com 1 orbital "p", formando dois orbitais de mesma energia chamados de  **$sp$  ( $s1p$ , ou seja, formados a partir 1 orbital s e 1 orbitais p)** e restando dois orbitais **p puros (não hibridizados)**;
- ✓ 2 ligações são formadas a partir da sobreposição frontal de orbitais, resultando em **ligações sigma ( $\sigma$ )**, e 2 ligações são formadas a partir de sobreposição lateral de orbitais, resultando em **ligações pi ( $\pi$ )**;



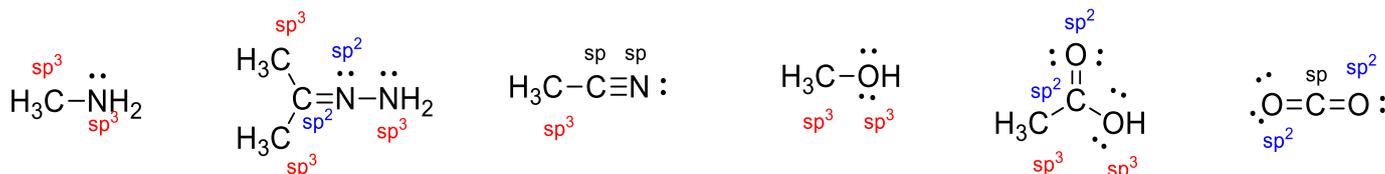
- ✓ Ao se ligar com 2 átomos, o carbono assume **geometria linear** (cada ligante posicionado em lados opostos ao carbono) para distanciar o máximo possível os pares de elétrons das ligações. **Portanto, carbono com hibridização  $sp$  assume geometria linear, com ângulo entre as ligações de  $180^\circ$ .**



### Hibridização de outros elementos:

Número de ligações $\pi$	Hibridização
0	$sp^3$
1	$sp^2$
2	$sp$

Exemplos:



Compilado de informações sobre hibridização, tipo de ligação e geometria:

Como são formados os orbitais híbridos?			
1 orbital s	+	3 orbitais p	→ 4 orbitais híbridos $sp^3$
1 orbital s	+	2 orbitais p	→ 3 orbitais híbridos $sp^2$
1 orbital s	+	1 orbital p	→ 2 orbitais híbridos $sp$

Relação das ligações $\sigma$ e $\pi$ com a hibridização			
Ligação Simples	=	$1\sigma$	→ Formada por um orbital $sp^3$
Ligação Dupla	=	$1\sigma + 1\pi$	→ Formada por um orbital $sp^2$ e um orbital p
Ligação Tripla	=	$1\sigma + 2\pi$	→ Formada por um orbital $sp$ e dois orbitais p



Hibridização	Ligações	Geometria molecular	Considerações
$sp^3$		 Tetraédrica	A esfera central representa o carbono ligado a quatro átomos (esferas brancas). O maior distanciamento entre os pares eletrônicos será obtido orientando os 4 ligantes na direção dos <b>vértices de um tetraedro</b> , o que justifica o nome dessa geometria. Nesse caso, os diferentes pares eletrônicos se distanciam em um ângulo de <b>109,5°</b> .
$sp^2$		 Trigonal planar	Nas situações em que carbono se liga a três átomos apenas, a maneira de distanciá-los ao máximo é posicioná-los na direção dos <b>vértices de um triângulo</b> . Como o triângulo pode ser apresentado em um plano, a geometria recebe o nome de trigonal planar. Nesse caso, os pares eletrônicos formam um ângulo de <b>120°</b> ( $360^\circ/3$ ).
$sp$	$\text{=C=}$ ou $\text{—C}\equiv$	 Linear	Caso haja apenas 2 átomos ligados ao carbono, ele assumirá geometria <b>linear</b> para distanciar ao máximo seus dois ligantes. O ângulo formado entre pares de elétrons é <b>180°</b> .

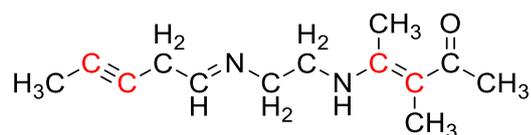
### Classificações do carbono

De acordo com o número de carbonos ligados diretamente ao carbono  $sp^3$  (aquele que realiza 4 ligações simples), ele pode ser classificado em **metílico (nulário)**, **primário**, **secundário**, **terciário** ou **quaternário**:

$\text{CH}_4$				
<b>Zero carbonos ligados</b>	<b>1 carbono ligado</b>	<b>2 carbonos ligados</b>	<b>3 carbonos ligados</b>	<b>4 carbonos ligados</b>
<b>Metílico (nulário)</b>	<b>Carbono primário</b>	<b>Carbono secundário</b>	<b>Carbono terciário</b>	<b>Carbono quaternário</b>

Quanto ao tipo de ligações ( $\sigma$  e/ou  $\pi$ ) com outro átomo de carbono:

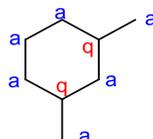
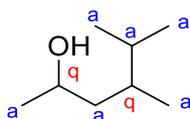
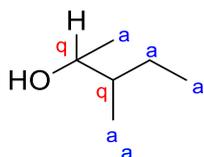
- ✓ **Saturado**: apenas ligações simples (4 ligações simples), do tipo sigma ( $\sigma$ ).
- ✓ **Insaturado**: com ligação dupla ou tripla com outros carbonos da cadeia, ou seja, pelo menos uma ligação do tipo pi ( $\pi$ ).



- Carbono saturado  
- Carbono insaturado

**Quiral ou aquiral**: é classificado como quiral quando realiza quatro ligações com quatro substituintes (grupos) diferentes.





a = aquiral  
q = quiral

### Compilado de informações:

Como classificar o átomo de carbono?	
Qual o número de carbonos que o carbono de interesse está ligado?	Classificação
0	Nulário ou metílico
1	Primário
2	secundário
3	Terciário
4	Quaternário
Análise de substituintes	
diferentes	Quiral
iguais	Aquiral
Faz ligações $\pi$ ?	
sim	saturado
não	Insaturado

### Classificações das cadeias carbônicas

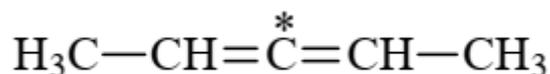
Como classificar as cadeias carbônicas?			
Classificação da cadeia carbônica		Definição	Exemplos
Qual o percurso?	acíclicos	Cadeia aberta	
	cíclicos	Cadeia fechada	
Os carbonos fazem ligação $\pi$ entre si?	saturado	Quando se tem apenas ligações simples entre átomos de carbono	
	insaturado	Quando se tem ligações $\pi$ entre átomos de carbono	
O carbono se liga com quais elementos?	homogenia	Quando o carbono <b>não</b> faz ligações com outros elementos (Ex.: O, N, S, Se e Te) além do hidrogênio ou halogênios	
	heterogenia	Quando o carbono faz ligações com outros elementos (Ex.: O, N, S, Se e Te), exceto os halogênios	
Os carbonos são primários, secundários ou terciários?	Não ramificada	Quando está ligado apenas com carbonos primário ou secundário	
	Ramificada	Quando está ligado a carbonos terciário e/ou quaternários	



## QUESTÕES COMENTADAS

### Introdução à química orgânica, hibridização e geometria do carbono

1. (UFG/CS – Técnico de Laboratório/Área: Química -IF Goiano - 2019) Considere a substância a seguir.



O carbono destacado com asterisco apresenta hibridização

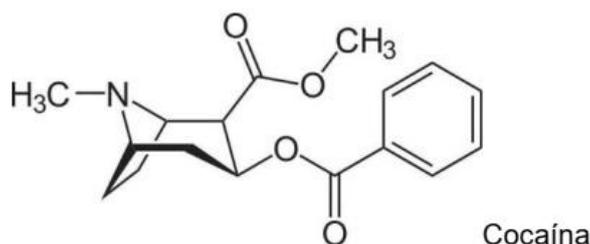
- A)  $sp$
- B)  $sp^2$
- C)  $sp^3$
- D)  $sp^3d$

#### Comentários:

O átomo destacado realiza duas ligações sigma ( $\sigma$ ) e duas ligações pi ( $\pi$ ). Para as ligações  $\pi$ , são utilizados orbitais  $p$  não hibridizados. Para as ligações  $\sigma$ , são necessários dois orbitais hibridizados  $sp$ , oriundo da "mistura" de 1 orbital  $s$  e 1 orbital  $p$ . Portanto, letra A. Outra maneira de resolver por macete: sempre que um carbono se ligar a dois átomos diferentes, então apresentará hibridização do tipo  $sp$ .

Resposta: letra A

2. (UESPI – Perito Criminal de 3ª classe/Química – Polícia Civil do Estado do Piauí - 2018) A cocaína é um alcaloide estimulante com efeitos anestésicos. Tem elevado potencial viciante e tem efeitos devastadores física e mentalmente. A partir da sua estrutura molecular, assinale a alternativa correta sobre as características da estrutura química desta substância.



a) É um aminoácido.

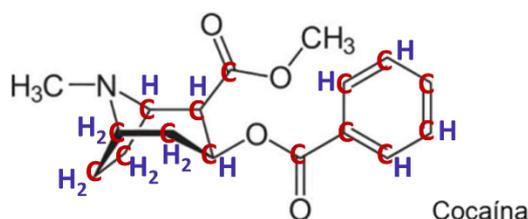


- b) Possui fórmula molecular  $C_{16}H_{18}NO_4$ .
- c) Há 5 ligações  $\pi$  e 25 "pi".
- d) Há 8 carbonos  $sp^2$  e 9  $sp^3$ .
- e) O átomo de nitrogênio possui hibridação  $sp^2$ .

### Comentários:

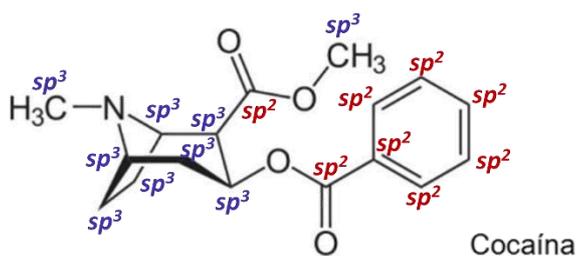
Letra A: incorreta. Embora não seja foco desta aula, para configurar um aminoácido precisam estar presentes a função amina (N-R), que está presente na cocaína, e a função ácido carboxílico (-COOH), que não está presente.

Letra B: incorreta. Aqui, o mais indicado é grifar todos os carbonos, completar suas valências com hidrogênio e contar todos os átomos, conforme ilustro abaixo. Fazendo isso, obtemos fórmula molecular  $C_{17}H_{21}NO_4$ .



Letra C: incorreta. Como se vê são 5 ligações duplas, portanto apenas 5 ligações  $\pi$  ou  $\pi$ .

Letra D: correta. Abaixo destaco os carbonos  $sp^2$  e  $sp^3$ . Lembre-se carbono que se ligam a 4 átomos são  $sp^3$ , já os que se ligam a três átomos são  $sp^2$ .



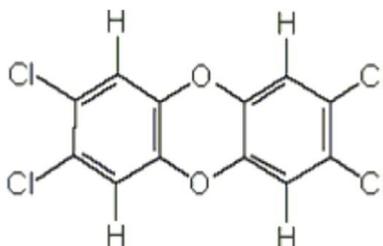
Letra E: incorreta. Quando o nitrogênio não realiza nenhuma ligação  $\pi$ , sua hibridização é  $sp^3$ .

### Resposta: letra D

3. (Instituto Acesso – Professor de Ensino Mediado por Tecnológicas/Química – SEDUC/AM - 2018) Devido ao avanço tecnológico e industrial, novos compostos químicos passaram a fazer parte do nosso cotidiano. Um deles foi o 2,3,7,8-Tetraclorodibenzeno-p-dioxina, mais comumente chamado de dioxina ou TCDD, descoberto após incidentes que ocorreram como em 1986, em Seveso, Itália. Esta substância é altamente tóxica por ser bioacumulável tanto em seres vivos quanto no meio ambiente,



sendo seus estudos relativamente recentes. Os dispersores mais conhecidos de dioxina são as indústrias siderúrgicas e químicas, as queimadas, incineradores de lixo, dentre outros. Com isso, são inúmeros os efeitos causados pela contaminação do TCDD, onde os mais abordados são a formação de tumores em vários locais do organismo, Chloracne, deformação de fetos e deficiência no sistema imunológico. Abaixo, temos a fórmula estrutural da TCDD:

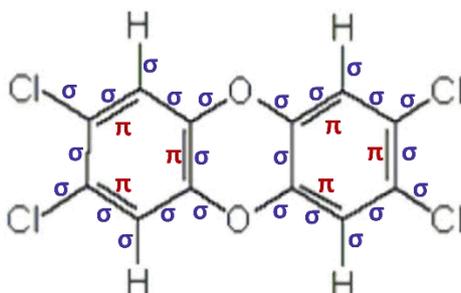


O número de ligações sigma e pi presentes nessa molécula são de, respectivamente:

- A) 18 e 12
- B) 24 e 6
- C) 12 e 6
- D) 6 e 24
- E) 12 e 18

#### Comentários:

Questão relativamente simples. Devemos nos lembrar apenas que a primeira ligação covalente entre dois átomos será sempre ligação sigma ( $\sigma$ ), pois será preferida a sobreposição frontal de seus orbitais para a formação da ligação. No entanto, depois de formada essa ligação, todas as demais ligações entre dois átomos só poderão se formar a partir de sobreposição lateral, ou seja, todas as demais serão ligações pi ( $\pi$ ), tanto na formação de dupla ligação quanto na formação de tripla ligação. Dito isso, basta identificarmos todas as ligações sigma e pi, e realizarmos a contabilidade. Veja.

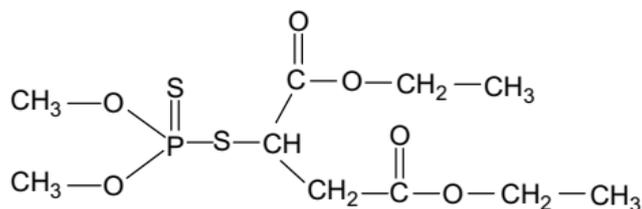


Portanto, são 24  $\sigma$  e 6  $\pi$ .

**Resposta: letra B**



4. (UFPA – Técnico de Laboratório/Área: Química – UFPA - 2018) O Malation, representado na fórmula estrutural abaixo, é um composto organofosforado solúvel em meio aquoso muito utilizado como agrotóxico. É líquido à temperatura ambiente, funde a 2,90C, possui densidade 1,23 g.cm-3, ponto de ebulição 1530C e massa molar 330,3 g.mol-1

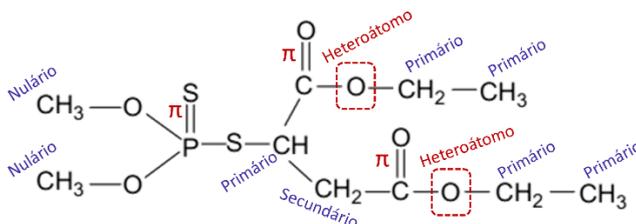


Na molécula desse composto há

- A) somente dois heteroátomos.
- B) apenas carbonos primários e terciários.
- C) somente carbonos com hibridização sp<sup>2</sup>.
- D) mais ligações π (pi) do que ligações σ (sígma).

#### Comentários:

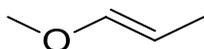
Para analisarmos conjuntamente todas as alternativas, destaquei na figura abaixo todas as ligações pi (lembrando que todas as demais são ligações sigma), destaquei ainda os heteroátomos (lembrando que só é heteroátomo quando estiver entre dois carbonos) e também destaquei a classificação dos carbonos sp<sup>3</sup>, que são aqueles que podemos classificar como nulário (ligado a zero carbonos), primário (ligado a um carbono), secundário (a dois), terciário (a três) e quaternário (a quatro).



Como se vê, o número de ligações sigma é muito maior que as pi. Além disso, temos carbonos nulários, primários e um secundário. Portanto, a alternativa correta é a "A", que afirma que há apenas dois heteroátomos.

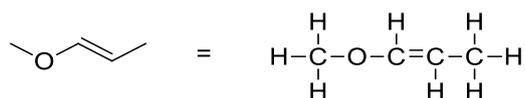
**Resposta: letra A**

5. (CONSULPLAN – Químico – MAPA - 2014) Quantos carbonos estão com seus orbitais hibridizados no tipo sp<sup>3</sup> no composto apresentado?

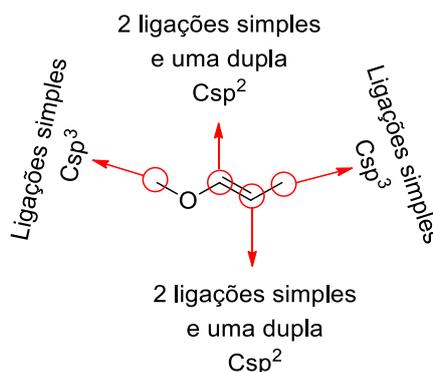


- a) 1.
- b) 2.
- c) 3.
- d) 4.

**Comentários:**

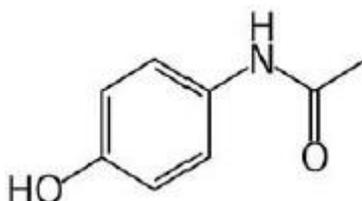


Vimos que o átomo de carbono apresenta hibridização  $sp^3$  quando realiza ligações com quatro átomos diferentes. Vimos ainda que o carbono apresenta hibridização  $sp^2$  quando realiza ligações com três átomos diferentes. Logo, o composto apresentado possui dois carbonos com hibridização do tipo  $sp^3$  e dois do tipo  $sp^2$ . Observem nos destaques realizados na estrutura abaixo:



**Resposta: letra B**

6. (UNESC 2017) O acetaminofeno, popularmente conhecido como paracetamol, é um dos fármacos mais importantes utilizado no tratamento da dor leve a moderada quando não há necessidade de efeito anti-inflamatório. Analisando a fórmula estrutural plana do acetaminofeno. O número de átomos de carbono com hibridização  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ , dos átomos de carbono desse composto, é, respectivamente:



- A) 5; 2; 1
- B) 6; 1; 1



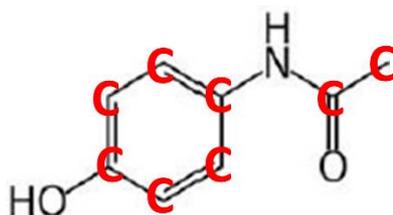
C) 1; 7; 0

D) 1; 5; 2

E) 2; 6; 0

### Comentários:

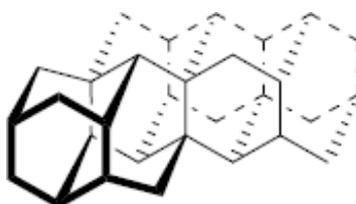
O carbono é  $sp^3$  ao fazer quatro ligações simples; é  $sp^2$  ao realizar uma ligação dupla; e é  $sp$  se fizer uma ligação tripla ou duas ligações duplas. Assim, podemos dizer que, na molécula acima, temos 1 carbono  $sp^3$ , 7 carbonos  $sp^2$  e nenhum carbono  $sp$ . Lembre-se que, na representação por bastão, utilizada acima, cada extremidade e cada ponto de inflexão da estrutura correspondem a um carbono, conforme assinalado abaixo em vermelho. Além disso, a tetravalência (as 4 ligações) do carbono são completadas com hidrogênios que também são omitidos na representação por bastão.



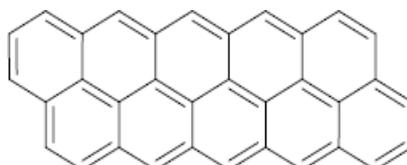
Resposta: letra C

7. (CESMAC - 2019) O carbono é encontrado na natureza em diferentes arranjos e estruturas. O carbono diamante ( $C_{diam}$ ), possui alto valor agregado e é formado sob alta pressão, possuindo estrutura onde o carbono realiza quatro ligações simples. Já o carbono grafite ( $C_{graf}$ ) possui valor agregado muito baixo, comparado ao seu alótropo diamante e realiza ligações duplas conjugadas. As representações das estruturas dos átomos de carbono nos diferentes alótropos, diamante e grafite, estão representadas abaixo.

Diamante



Grafite



A partir das estruturas citadas e do enunciado da questão, podemos afirmar que a hibridização dos átomos de carbono presentes no diamante e no grafite são, respectivamente:

- a)  $sp^3$  e  $sp$
- b)  $sp^2$  e  $sp^2$
- c)  $sp^3$  e  $sp^2$
- d)  $sp^3$  e  $sp^3$
- e)  $sp^2$  e  $sp^3$

#### Comentários:

Como mencionado no enunciado, os átomos de carbono no diamante fazem quatro ligações simples, já o carbono grafite realiza uma ligação dupla. Como vimos anteriormente, o carbono apresenta hibridização  $sp^3$  quando faz quatro ligações simples, e  $sp^2$  quando faz uma ligação dupla, logo a hibridização do carbono diamante é  $sp^3$  e do carbono grafite é  $sp^2$ .

#### Resposta: letra C

8. (CESPE - Perito Criminal/Química - POLÍCIA CIENTÍFICA-PE -2016) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação  $C=C$ , é correto afirmar que ela é formada) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

- A) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .
- B) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- C) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- D) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- E) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

#### Comentários:

A ligação  $C=C$  é formada por uma ligação  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ . A ligação  $\sigma$  é formada pela interação dos orbitais híbrido  $sp^2$  de cada átomo de carbono e a ligação  $\pi$  é formada pelas interações dos orbitais  $p$  de cada carbono.



Resposta: letra C

9. (UTFPR - Químico - UTFPR - 2015) O metano é um dos compostos mais abundantes de todos os compostos do ciclo do carbono. É formado principalmente quando os compostos que contêm carbono se decompõem, na ausência de ar (condições anaeróbias). Sobre a hibridização e as ligações do metano é correto afirmar que:

a) todos os três orbitais  $sp^3$  do átomo de carbono da molécula de metano têm igual energia, pois os elétrons de valência do carbono estão distribuídos igualmente entre si.

b) ligações  $\sigma$  que envolvem orbitais híbridos  $sp^3$  de carbono são mais fortes do que as ligações que envolvem orbitais não híbridos  $2s$  ou  $2p$ .

c) cada ligação C-H é uma ligação  $\sigma$  em que um orbital  $1s$  semipreenchido de hidrogênio se sobrepõe a um orbital  $p$  semipreenchido de carbono.

d) os eixos dos orbitais híbridos  $sp$  do metano apontam para os vértices de um tetraedro.

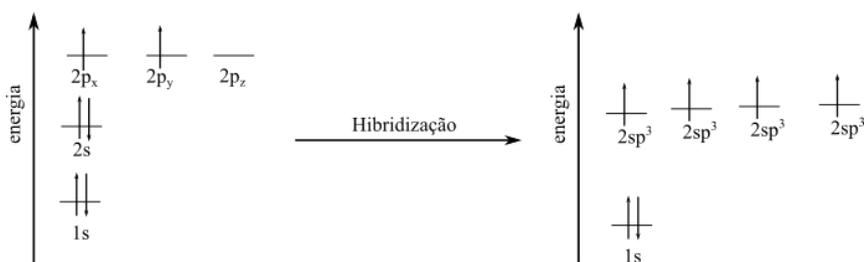
e) a teoria de ligação de valência se baseia na sobreposição em fase dos orbitais semipreenchidos dos átomos conectados, e os orbitais híbridos do carbono na molécula de metano apresentam a configuração eletrônica  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ .

### Comentários:

Questão perniciosa. Por isso, vamos analisar com calma cada uma de suas alternativas.

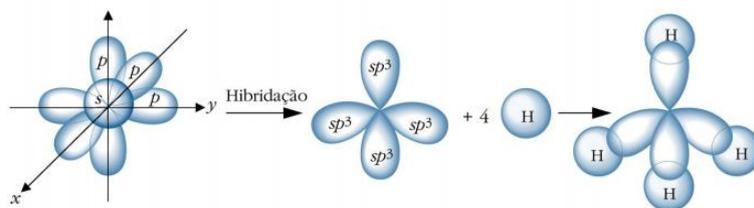
Letra A: incorreta. Todos os orbitais  $sp^3$  do carbono do metano têm igual energia. No entanto, são 4 orbitais e não três como é afirmado. Erro sutil que poderia enganar o aluno pouco atento.

Letra B: correta. Se pensássemos somente na energia dos orbitais atômicos, julgaríamos a alternativa incorreta, pois orbitais híbridos tem energia intermediária entre os orbitais que o originaram, conforme ilustrado abaixo.



No entanto, outros aspectos precisam ser considerados. O primeiro deles é que não estamos analisando a energia do átomo de carbono, mas sim os orbitais moleculares responsáveis pelas ligações entre carbono e hidrogênio do  $CH_4$ . Além disso, devemos ter em mente que a força de uma ligação covalente se relaciona também com a sobreposição dos orbitais atômicos envolvidos. Sendo assim, quanto maior for a sobreposição, mais forte será a ligação e menor será sua energia. Ao apresentar hibridização  $sp^3$ , o carbono realiza 4 ligações covalentes com sobreposição frontal (sobreposição efetiva) com os orbitais  $s$  dos hidrogênios, conforme ilustrado abaixo.





Hibridização  $sp^3$  do metano. <sup>1</sup>

Admitindo que o carbono é tetravalente, sabemos que, caso ele não apresente hibridização  $sp^3$ , pelo menos uma de suas 4 ligações será pi ( $\pi$ ), oriunda de orbitais não hibridizados, na qual a sobreposição é lateral, menos efetiva, o que enfraquece a ligação.

Outro fator a ser observado que confirma essa tendência é a repulsão dos pares de elétrons. Segundo o modelo da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência (RPECV ou VSEPR), quanto mais afastados estão os pares de elétrons, menor será a energia de repulsão eletrônica. Sob esse aspecto, notamos que os pares de elétrons na hibridização  $sp^3$  estão mais distantes entre si do que em carbonos que apresentam duplas ligações, em que, pelo menos dois pares, estão muito próximos, ambos na região interátomos. Sendo assim, a menor repulsão dos pares de elétrons na hibridização  $sp^3$  contribui para uma maior estabilização e, conseqüentemente, para a formação de ligações mais fortes.

Letra C: incorreta. Como no metano o carbono apresenta hibridização, não será seus orbitais p que participarão da ligação, mas sim os orbitais  $sp^3$ .

Letra D: incorreta. Embora os orbitais do carbono do metano apontem para os vértices de um tetraedro, a sua hibridização é  $sp^3$  e não sp.

Letra E: incorreta. Embora não seja foco desta aula, a teoria de ligação de valência explica a ligação química como resultado da sobreposição de orbitais atômicos e emparelhamento de elétrons. No entanto, a distribuição eletrônica apresentada está incorreta por não apresentar a hibridização e os 4 elétrons desemparelhados, o que permitiria a formação de 4 ligações sigma de mesma energia.

**Resposta: letra B**

**10. (COSEAC - Técnico de Laboratório/Área: Química - UFF - 2015) O hidrocarboneto que apresenta todos os átomos de carbono com orientação espacial tetraédrica é:**

- a) eteno.
- b) benzeno.
- c) etino.
- d) prop-1,2-dieno.

<sup>1</sup> BARBOSA, L. C. A. Introdução à Química Orgânica. 2011, 7.



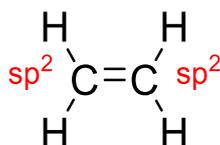
e) metil-propano.

### Comentários:

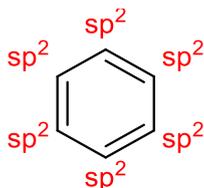
Caso ainda não esteja familiarizado com a nomenclatura de hidrocarbonetos (compostos formados por carbono e hidrogênio), não se preocupe, vamos trabalhar esse tópico detalhadamente mais adiante.

Na tabela acima é mostrado um resumo das ligações feitas pelo carbono com respectivas hibridizações, geometrias e ângulos de ligações. Com isso, fica fácil resolver a questão. Vejamos:

Eteno: cada carbono faz três ligações → hibridização  $sp^2$  → geométrica = trigonal planar



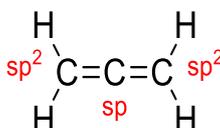
Benzeno: cada carbono faz três ligações → hibridização  $sp^2$  → geométrica = trigonal planar



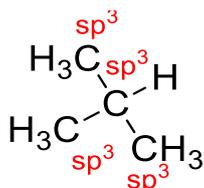
Etino: cada carbono faz duas ligações → hibridização  $sp$  → geométrica = linear



Prop-1,2-dieno: os carbonos terminais fazem três ligações → hibridização  $sp^2$  → geométrica = trigonal plana. Já o carbono central faz duas ligações → hibridização  $sp$  → geométrica = linear



Metil-propano: os quatro carbonos fazem quatro ligações cada um → hibridização  $sp^3$  → geometria tetraédrica



Resposta: letra E



11. (CETRO - Químico - ANVISA - 2013) HCN é um gás que foi muito utilizado nas câmaras dos campos de concentração, na Alemanha nazista, para o extermínio de seres humanos. Sabe-se que o mesmo se combina com a hemoglobina e, por sua vez, causa a morte da pessoa por asfixia, pelo fato de a estrutura sanguínea não conseguir se combinar ao O<sub>2</sub> oriundo da inspiração. Em solução aquosa forma um ácido fraco. Assinale a alternativa que possui a geometria molecular e o tipo de ligação intramolecular, respectivamente.

- a) Angular e covalente.
- b) Linear e covalente.
- c) Linear e iônica.
- d) Linear e coordenada.
- e) Angular e iônica.

#### Comentários:

Na molécula de HCN, o carbono faz uma ligação simples com o átomo de hidrogênio e uma ligação tripla com o átomo de nitrogênio (H-C≡N), desta forma, concluímos que a hibridização do carbono é *sp* e, como já mostrado anteriormente, carbonos com hibridização *sp* possuem geometria linear. Além disso, vimos anteriormente que o carbono faz ligação covalente.

**Resposta: letra B**

12. (IFSul 2018) Leia o texto abaixo e responda à questão.

A qualidade da gasolina é definida de acordo com o índice de octanagem do combustível. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos que variam sua cadeia carbônica de quatro a doze átomos de carbono (gasolina automotiva) e de cinco a dez átomos de carbono (gasolina de aviação), a média de átomos de carbono geral das cadeias é de oito carbonos. As gasolinas que possuem alto índice de isoctano são considerados combustíveis de alta qualidade e poder de combustão. A equação não-balanceada abaixo representa a reação de combustão do isoctano:



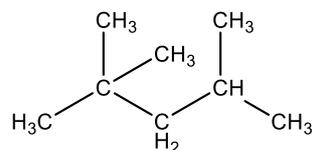
O isoctano é um hidrocarboneto que apresenta cadeia carbônica

- A) normal e insaturada.
- B) ramificada e saturada.
- C) ramificada e insaturada.
- D) normal e saturada.

#### Comentários:



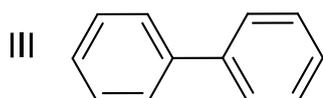
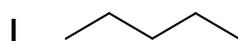
O isoctano possui uma cadeia ramificada, pois possui ramificações, e é saturado porque só faz ligações simples entre os átomos de carbono.



Resposta: letra B

13. (CESGRANRIO - Técnico de Perfuração e Poços Júnior - Petrobras - 2014) De acordo com o tipo de cadeia, com o tipo de ligações e com o arranjo dos átomos, os hidrocarbonetos podem apresentar diferentes classificações.

Associe os hidrocarbonetos com as suas classificações.



P - Hidrocarboneto aromático polinuclear com núcleos condensados.

Q - Hidrocarboneto aromático policíclico com núcleos isolados.

R - Hidrocarboneto saturado que possui cinco átomos de carbono.

S - Hidrocarboneto não ramificado que possui oito átomos de hidrogênio.

As associações corretas são:

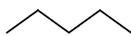
- a) I - R, II - S, III - P
- b) I - R, II - S, III - Q
- c) I - Q, II - R, III - Q
- d) I - P, II - R, III - P
- e) I - S, II - Q, III - P

**Comentários:**

As carbônicas podem ser classificadas de diversas maneiras, na tabela acima está resumido para nos ajudar. Com isso podemos resolver a questão.



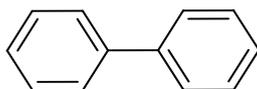
I: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_5H_{12}$ , de cadeia acíclica, saturada, homogêneo e não ramificada.



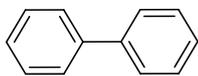
II: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_5H_8$ , de cadeia cíclica, insaturada, homogênea e não ramificada.



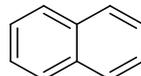
III: Hidrocarboneto com fórmula molecular  $C_{12}H_{10}$ , de cadeia cíclica, insaturada, homogênea e ramificada.



Cadeias policíclica ou polinuclear apresentam pelo menos dois ciclos ou anéis. Além disso, é importante saber que núcleos isolados são diferentes de núcleos condensados. Vejam o exemplo:



núcleo isolado



núcleo condensado

**Resposta: letra B**

**14.** (CEPERJ – Professor/Ciências – SEDUC-RJ- 2013) Considere a charge e o texto abaixo e responda à questão.





A partícula denominada quark é uma das partículas fundamentais do Universo (a outra é o lépton, constituinte dos elétrons). Os quarks se caracterizam por estarem no núcleo atômico, mais precisamente nos prótons e nos nêutrons, uma vez que os prótons e os nêutrons são nada mais que uniões de quarks de determinadas cargas e massas.

O carbono radioativo ( ${}^6\text{C}^{14}$ ) utilizado pelos cientistas em seus experimentos de "rastreamento" é um isótopo do carbono comum ( ${}^6\text{C}^{12}$ ), isto é, apresenta mesmo número atômico (Z) e diferentes números de massa (A). O carbono radioativo apresenta a seguinte constituição:

- a) 6 prótons, 6 nêutrons e 6 elétrons
- b) 14 prótons, 8 nêutrons e 6 elétrons
- c) 6 prótons, 8 nêutrons e 6 elétrons
- d) 8 prótons, 14 nêutrons e 6 elétrons
- e) 8 prótons, 6 nêutrons e 8 elétrons

#### Comentários:

Como sabemos, isótopos são elementos químicos de um mesmo átomo que se diferenciam pelo número de nêutrons. Vimos em aulas passadas que o número de prótons é igual ao número atômico (Z) e, quando o átomo é neutro, o número de elétrons é igual ao número atômico. Logo para determinar o número de nêutrons utilizaremos a seguinte fórmula:

$$\text{Número de massa (A)} = \text{número de nêutrons (N)} + \text{número de prótons (P)}$$



$$A = N + P$$

$$14 = N + 6$$

$$N = 8$$

Assim, temos 6 prótons, 8 nêutrons e 6 elétrons.

**Resposta: letra C**

**15.** (CESGRANRIO- Analista de Comercialização e Logística Júnior – Biocombustível – Petrobras - 2010) Assim como o petróleo, o gás natural é encontrado em reservatórios subterrâneos em muitos lugares do planeta, tanto em terra quanto no mar, sendo considerável o número de reservatórios que contêm gás natural associado ao petróleo. Nestes casos, o gás recebe a designação de gás natural associado. Assim, o gás natural, como encontrado na natureza, é uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos cujo componente preponderante é sempre o metano. O gás natural não associado apresenta os maiores teores de metano, enquanto o gás natural associado apresenta proporções significantes de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados.

No que diz respeito à hibridização dos átomos de carbono dos hidrocarbonetos citados no texto, sabe-se que

- a) apenas o metano tem hibridização do tipo  $sp^3$ .
- b) todos têm hibridização do tipo  $sp^3$ .
- c) todos têm hibridização do tipo  $sp^2$ .
- d) o propano e o butano têm hibridização dos tipos  $sp^2$  e  $sp^3$ .
- e) o propano e o butano têm hibridização dos tipos  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ .

**Comentários:**

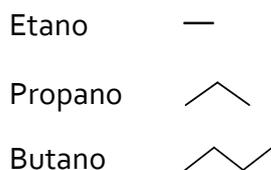
Para resolver esta questão podemos analisar novamente a tabela abaixo

Número de ligações feitas pelo carbono	Ligações feita pelo carbono	Hibridização	Geometria	Ângulo entre as ligações
4		$sp^3$	Tetraédrica	$109,5^\circ$
3		$sp^2$	Trigonal plana	$120^\circ$
2		$sp$	Linear	$180^\circ$
2		$sp$	Linear	$180^\circ$

*Comparação da hibridização, geometria e ângulo entre as ligações simples, duplas e triplas.*

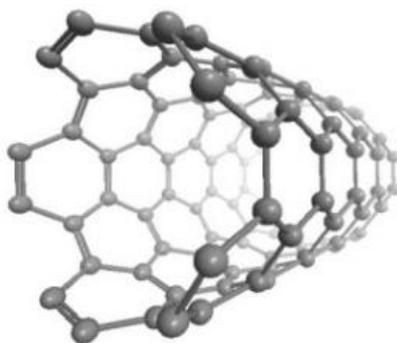


Os hidrocarbonetos citados são formados apenas por ligações simples, logo a hibridização é  $sp^3$ .



**Resposta: letra B**

16. (UNITAU - 2016) Provavelmente, um dos materiais mais fortes já sintetizados pelo homem são os nanotubos de carbono, com resistência à tração até 100 vezes superior ao aço, e com 1/6 do seu peso. Várias indústrias já utilizam esse material, incorporando-o em ferramentas de corte metálicas e cerâmicas, com porcentagens da ordem de 1-5% em massa, uma vez que o nanotubo aumenta a vida útil do fio da lâmina de corte. Os nanotubos são como folhas enroladas na forma de tubos de um plano de átomos de carbono. Como têm diâmetros na escala nanométrica, são denominados nanotubos. A imagem abaixo ilustra um nanotubo de carbono.



Considerando a química do carbono, assinale a afirmativa INCORRETA.

- a) Dentre as possíveis hibridações apresentadas pelo átomo de carbono (hibridação  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ ), os átomos de carbono no nanotubo têm orbitais com hibridação  $sp^2$ .
- b) As ligações químicas entre os átomos de carbono no nanotubo são similares às ligações encontradas na estrutura do grafite.
- c) A hibridação  $sp^3$  tem geometria tetraédrica, a hibridação  $sp^2$  tem geometria trigonal plana ou triangular, e a hibridação  $sp$  tem geometria linear.
- d) Na hibridação  $sp^3$ , o átomo de carbono faz quatro ligações  $\pi$ ; na hibridação  $sp^2$  são duas ligações  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ ; na hibridação  $sp$  são duas ligações  $\sigma$  e duas ligações  $\pi$ .
- e) Os ângulos entre os orbitais híbridos  $sp$  são iguais a  $180^\circ$ , nos orbitais  $sp^2$ , são iguais a  $120^\circ$ , nos orbitais  $sp^3$ , são iguais a  $109^\circ 28'$ .

**Comentários:**



Na hibridização  $sp^3$ , o átomo de carbono realiza quatro ligações sigmas ( $\sigma$ ); na hibridização  $sp^2$ , o átomo de carbono realiza três ligações sigmas e uma ligação pi ( $\pi$ ); já na hibridização  $sp$ , o átomo de carbono realiza duas ligações pi e duas sigmas.

**Resposta: letra D**

**17. (FGV – Perito Criminal Polícia Civil/MA - 2012)** Os trabalhos revolucionários sobre o grafeno valeram o prêmio Nobel de Física de 2010 aos cientistas Konstantin Novoselov e Andre Geim, e sua extraordinária estrutura oferece aos cientistas um vasto campo de aplicações, que vão desde a criação de baterias de carregamento ultra-rápido até processadores centenas de vezes mais velozes do que os que conhecemos hoje.

O grafeno consiste em uma folha planar de átomos de carbono densamente compactados em uma grade de duas dimensões, com espessura de apenas um átomo, reunidos em uma estrutura cristalina hexagonal. (Em <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>, acessado em 23/11/2012)

A partir do texto, é correto afirmar que os átomos de carbono no grafeno:

- a) apresentam uma hibridação  $sp^3$  que permite a formação da estrutura cristalina hexagonal.
- b) formam uma estrutura cristalina hexagonal com hibridação  $sp^2$
- c) formam uma superestrutura linear contínua compactada com hibridação  $sp$ .
- d) formam uma rede cristalina que combina as hibridações planares  $sp$  e  $sp^2$  entrelaçadas entre si.
- e) apresentam-se como uma estrutura monomolecular ultrapura onde não há hibridismo dos átomos de carbono.

**Comentários:**

A figura abaixo representa a estrutura do grafeno, como podem ver os átomos de carbonos formam uma estrutura cristalina hexagonal, em que todos os carbonos fazem ligação dupla, logo possuem hibridização  $sp^2$ .



**Resposta: letra B**

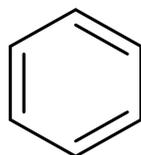


18. (UFPA - 2016) Um anel aromático tem estrutura plana porque seus carbonos têm hibridação

- a) somente  $sp$ .
- b) somente  $sp^2$ .
- c) somente  $sp^3$ .
- d)  $sp$  e  $sp^2$  alternadas.
- e)  $sp^2$  e  $sp^3$  alternadas.

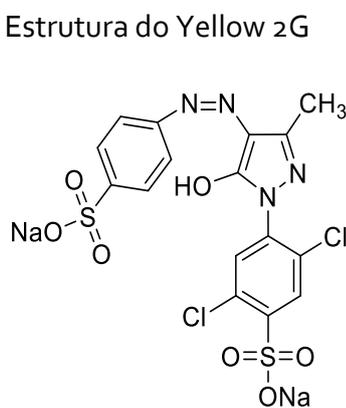
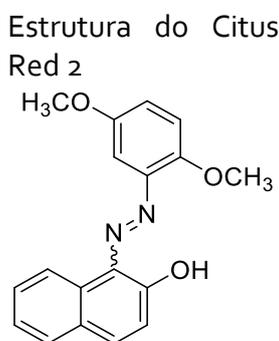
**Comentários:**

Cada carbono do anel aromático realiza uma ligação pi e três ligações sigmas, portanto, hibridização  $sp^2$ .  
Vejam a estrutura do benzeno, um anel aromático.



**Resposta: letra B**

19. (ACAFE – 2018) O corante de alimentos (Citrus Red 2) e o corante para pinturas (Yellow 2G) são representados pelas estruturas a seguir.



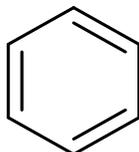
Considere os conceitos químicos e as informações fornecidas, e assinale a alternativa correta.

- a) O corante Citrus Red 2 apresenta três anéis aromáticos.
- b) Dois carbonos presentes na molécula do corante Citrus Red 2 possuem hibridização  $sp$ .
- c) Todos os carbonos presentes na molécula do corante Yellow 2G possuem hibridização  $sp^3$ .
- d) Citrus Red 2 e Yellow 2G apresentam, respectivamente, as seguintes fórmulas moleculares:  $C_{18}H_{16}N_2O_3$  e  $C_{16}H_{10}Na_2N_4O_7S_2$ .



### Comentários:

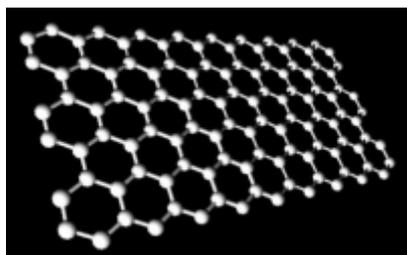
O anel aromático é formado por uma estrutura cíclica de seis carbonos de hibridização  $sp^2$ , como apresentado na imagem a seguir.



Sendo assim, o corante Citrus Red 2 apresenta três anéis aromáticos.

**Resposta: letra A**

**20. (UNITAU - 2018)** Possivelmente, um dos mais fortes materiais existentes é composto por um plano de átomos de carbono, com a estrutura do grafite. Um desses planos está representado na figura abaixo.



Quando um único plano da estrutura do grafite é isolado, esse plano é denominado grafeno. Uma das incríveis propriedades do grafeno é sua resistência, pois ele pode ser até 1500 vezes mais resistente do que o aço. Atualmente, diversos países estão investindo uma grande quantidade de dinheiro na produção de grafeno, pois esse material já está sendo empregado para aumentar a resistência de equipamentos esportivos, de borrachas e de ferramentas de corte.

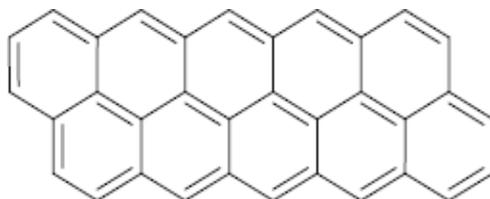
Assinale a alternativa INCORRETA a respeito do grafite.

- a) Os átomos de carbono têm hibridação  $sp^2$ .
- b) A estrutura apresenta átomos de carbono ligados, formando uma estrutura hexagonal planar.
- c) O grafite apresenta uma baixa energia de ligação entre os planos de átomos, do tipo intermolecular (Van der Waals).
- d) Os átomos de carbono apresentam hibridação  $sp^3$ .
- e) O grafite é um mineral, um dos alótropos do elemento químico carbono.

**Comentários:**



Os átomos de carbono do grafite apresentam configuração  $\text{C}=\text{}$ , isto é, realizam uma ligação pi e três ligações sigmas, portanto, esses átomos apresentam hibridização  $\text{sp}^2$ . Vejam a estrutura do grafite abaixo.



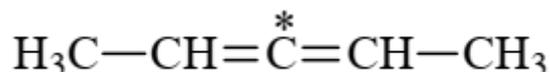
Resposta: letra D



## LISTA DE QUESTÕES

### Introdução à química orgânica, hibridização e geometria do carbono

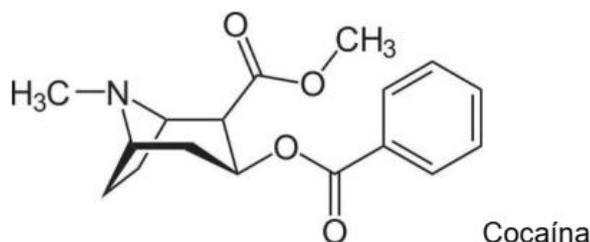
1. (UFG/CS – Técnico de Laboratório/Área: Química -IF Goiano - 2019) Considere a substância a seguir.



O carbono destacado com asterisco apresenta hibridização

- A) sp
- B) sp<sup>2</sup>
- C) sp<sup>3</sup>
- D) sp<sup>3</sup>d

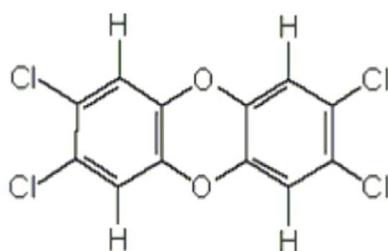
2. (UESPI – Perito Criminal de 3ª classe/Química – Polícia Civil do Estado do Piauí - 2018) A cocaína é um alcaloide estimulante com efeitos anestésicos. Tem elevado potencial viciante e tem efeitos devastadores física e mentalmente. A partir da sua estrutura molecular, assinale a alternativa correta sobre as características da estrutura química desta substância.



- A) É um aminoácido.
- B) Possui fórmula molecular C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>NO<sub>4</sub>.
- C) Há 5 ligações π e 25 "pi".
- D) Há 8 carbonos sp<sup>2</sup> e 9 sp<sup>3</sup>.
- E) O átomo de nitrogênio possui hibridização sp<sup>2</sup>.



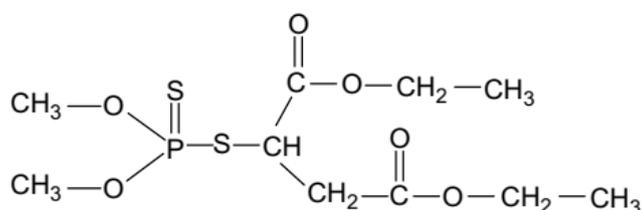
3. (Instituto Acesso – Professor de Ensino Mediado por Tecnológicas/Química – SEDUC/AM - 2018) Devido ao avanço tecnológico e industrial, novos compostos químicos passaram a fazer parte do nosso cotidiano. Um deles foi o 2,3,7,8-Tetraclorodibenzeno-p-dioxina, mais comumente chamado de dioxina ou TCDD, descoberto após incidentes que ocorreram como em 1986, em Seveso, Itália. Esta substância é altamente tóxica por ser bioacumulável tanto em seres vivos quanto no meio ambiente, sendo seus estudos relativamente recentes. Os dispersores mais conhecidos de dioxina são as indústrias siderúrgicas e químicas, as queimadas, incineradores de lixo, dentre outros. Com isso, são inúmeros os efeitos causados pela contaminação do TCDD, onde os mais abordados são a formação de tumores em vários locais do organismo, Chloracne, deformação de fetos e deficiência no sistema imunológico. Abaixo, temos a fórmula estrutural da TCDD:



O número de ligações sigma e pi presentes nessa molécula são de, respectivamente:

- A) 18 e 12
- B) 24 e 6
- C) 12 e 6
- D) 6 e 24
- E) 12 e 18

4. (UFPA – Técnico de Laboratório/Área: Química – UFPA - 2018) O Malation, representado na fórmula estrutural abaixo, é um composto organofosforado solúvel em meio aquoso muito utilizado como agrotóxico. É líquido à temperatura ambiente, funde a 2,90C, possui densidade 1,23 g.cm<sup>-3</sup>, ponto de ebulição 1530C e massa molar 330,3 g.mol<sup>-1</sup>



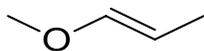
Na molécula desse composto há

- A) somente dois heteroátomos.
- B) apenas carbonos primários e terciários.



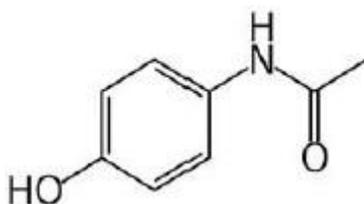
- C) somente carbonos com hibridização  $sp^2$ .  
D) mais ligações  $\pi$  (pi) do que ligações  $\sigma$  (sígma).

5. (CONSULPLAN – Químico – MAPA - 2014) Quantos carbonos estão com seus orbitais hibridizados no tipo  $sp^3$  no composto apresentado?



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

6. (UNESC 2017) O acetaminofeno, popularmente conhecido como paracetamol, é um dos fármacos mais importantes utilizado no tratamento da dor leve a moderada quando não há necessidade de efeito anti-inflamatório. Analisando a fórmula estrutural plana do acetaminofeno. O número de átomos de carbono com hibridização  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ , dos átomos de carbono desse composto, é, respectivamente:

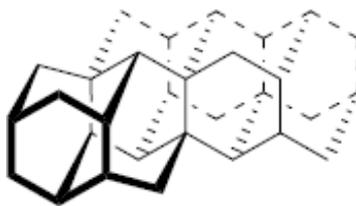


- A) 5; 2; 1  
B) 6; 1; 1  
C) 1; 7; 0  
D) 1; 5; 2  
E) 2; 6; 0

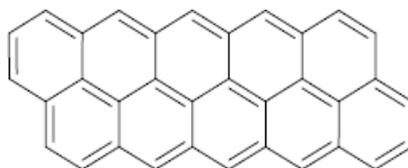
7. (CESMAC - 2019) O carbono é encontrado na natureza em diferentes arranjos e estruturas. O carbono diamante ( $C_{diam}$ ), possui alto valor agregado e é formado sob alta pressão, possuindo estrutura onde o carbono realiza quatro ligações simples. Já o carbono grafite ( $C_{graf}$ ) possui valor agregado muito baixo, comparado ao seu alótropo diamante e realiza ligações duplas conjugadas. As representações das estruturas dos átomos de carbono nos diferentes alótropos, diamante e grafite, estão representadas abaixo.

Diamante





Grafite



A partir das estruturas citadas e do enunciado da questão, podemos afirmar que a hibridização dos átomos de carbono presentes no diamante e no grafite são, respectivamente:

- A)  $sp^3$  e  $sp$
- B)  $sp^2$  e  $sp^2$
- C)  $sp^3$  e  $sp^2$
- D)  $sp^3$  e  $sp^3$
- E)  $sp^2$  e  $sp^3$

8. (CESPE - Perito Criminal/Química - POLÍCIA CIENTÍFICA-PE -2016) No trabalho forense, um ensaio que auxilia a avaliação de grupo funcional em amostras é o teste de bromo, capaz de indicar a presença do grupo funcional alceno. A respeito da estrutura eletrônica da ligação  $C=C$ , é correto afirmar que ela é formada) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .

- A) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .
- B) pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- C) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- D) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$  e pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais não hibridizados  $p$ .
- E) pela interação  $\sigma$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^3$  e pela interação  $\pi$  entre dois orbitais com hibridização  $sp^2$ .



**9. (UTFPR - Químico - UTFPR - 2015) O metano é um dos compostos mais abundantes de todos os compostos do ciclo do carbono. É formado principalmente quando os compostos que contêm carbono se decompõem, na ausência de ar (condições anaeróbias). Sobre a hibridização e as ligações do metano é correto afirmar que:**

- a) todos os três orbitais  $sp^3$  do átomo de carbono da molécula de metano têm igual energia, pois os elétrons de valência do carbono estão distribuídos igualmente entre si.
- b) ligações  $\sigma$  que envolvem orbitais híbridos  $sp^3$  de carbono são mais fortes do que as ligações que envolvem orbitais não híbridos  $2s$  ou  $2p$ .
- c) cada ligação C-H é uma ligação  $\sigma$  em que um orbital  $1s$  semipreenchido de hidrogênio se sobrepõe a um orbital  $p$  semipreenchido de carbono.
- d) os eixos dos orbitais híbridos  $sp$  do metano apontam para os vértices de um tetraedro.
- e) a teoria de ligação de valência se baseia na sobreposição em fase dos orbitais semipreenchidos dos átomos conectados, e os orbitais híbridos do carbono na molécula de metano apresentam a configuração eletrônica  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1$ .

**10. (COSEAC - Técnico de Laboratório/Área: Química - UFF - 2015) O hidrocarboneto que apresenta todos os átomos de carbono com orientação espacial tetraédrica é:**

- a) eteno.
- b) benzeno.
- c) etino.
- d) prop-1,2-dieno.
- e) metil-propano.

**11. (CETRO - Químico - ANVISA - 2013) HCN é um gás que foi muito utilizado nas câmaras dos campos de concentração, na Alemanha nazista, para o extermínio de seres humanos. Sabe-se que o mesmo se combina com a hemoglobina e, por sua vez, causa a morte da pessoa por asfixia, pelo fato de a estrutura sanguínea não conseguir se combinar ao  $O_2$  oriundo da inspiração. Em solução aquosa forma um ácido fraco. Assinale a alternativa que possui a geometria molecular e o tipo de ligação intramolecular, respectivamente.**

- a) Angular e covalente.
- b) Linear e covalente.
- c) Linear e iônica.
- d) Linear e coordenada.



e) Angular e iônica.

12. (IFSul 2018) Leia o texto abaixo e responda à questão.

A qualidade da gasolina é definida de acordo com o índice de octanagem do combustível. A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos que variam sua cadeia carbônica de quatro a doze átomos de carbono (gasolina automotiva) e de cinco a dez átomos de carbono (gasolina de aviação), a média de átomos de carbono geral das cadeias é de oito carbonos. As gasolinas que possuem alto índice de isoctano são considerados combustíveis de alta qualidade e poder de combustão. A equação não-balanceada abaixo representa a reação de combustão do isoctano:

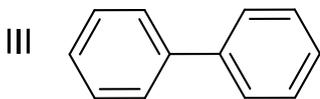
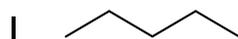


O isoctano é um hidrocarboneto que apresenta cadeia carbônica

- A) normal e insaturada.
- B) ramificada e saturada.
- C) ramificada e insaturada.
- D) normal e saturada.

13. (CESGRANRIO - Técnico de Perfuração e Poços Júnior - Petrobras - 2014) De acordo com o tipo de cadeia, com o tipo de ligações e com o arranjo dos átomos, os hidrocarbonetos podem apresentar diferentes classificações.

Associe os hidrocarbonetos com as suas classificações.



- P - Hidrocarboneto aromático polinuclear com núcleos condensados.
- Q - Hidrocarboneto aromático policíclico com núcleos isolados.
- R - Hidrocarboneto saturado que possui cinco átomos de carbono.
- S - Hidrocarboneto não ramificado que possui oito átomos de hidrogênio.

As associações corretas são:



- a) I - R, II - S, III - P
- b) I - R, II - S, III - Q
- c) I - Q, II - R, III - Q
- d) I - P, II - R, III - P
- e) I - S, II - Q, III - P

14. (CEPERJ – Professor/Ciências – SEDUC-RJ- 2013) Considere a charge e o texto abaixo e responda à questão.



A partícula denominada quark é uma das partículas fundamentais do Universo (a outra é o lépton, constituinte dos elétrons). Os quarks se caracterizam por estarem no núcleo atômico, mais precisamente nos prótons e nos nêutrons, uma vez que os prótons e os nêutrons são nada mais que uniões de quarks de determinadas cargas e massas.

O carbono radioativo ( ${}^6\text{C}^{14}$ ) utilizado pelos cientistas em seus experimentos de "rastreamento" é um isótopo do carbono comum ( ${}^6\text{C}^{12}$ ), isto é, apresenta mesmo número atômico (Z) e diferentes números de massa (A). O carbono radioativo apresenta a seguinte constituição:

- A) 6 prótons, 6 nêutrons e 6 elétrons
- B) 14 prótons, 8 nêutrons e 6 elétrons
- C) 6 prótons, 8 nêutrons e 6 elétrons



D) 8 prótons, 14 nêutrons e 6 elétrons

E) 8 prótons, 6 nêutrons e 8 elétrons

**15.** (CESGRANRIO- Analista de Comercialização e Logística Júnior – Biocombustível – Petrobras - 2010) Assim como o petróleo, o gás natural é encontrado em reservatórios subterrâneos em muitos lugares do planeta, tanto em terra quanto no mar, sendo considerável o número de reservatórios que contêm gás natural associado ao petróleo. Nestes casos, o gás recebe a designação de gás natural associado. Assim, o gás natural, como encontrado na natureza, é uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos cujo componente preponderante é sempre o metano. O gás natural não associado apresenta os maiores teores de metano, enquanto o gás natural associado apresenta proporções significantes de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados.

No que diz respeito à hibridização dos átomos de carbono dos hidrocarbonetos citados no texto, sabe-se que

a) apenas o metano tem hibridização do tipo  $sp^3$ .

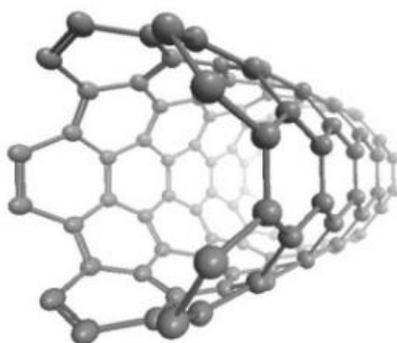
b) todos têm hibridização do tipo  $sp^3$ .

c) todos têm hibridização do tipo  $sp^2$ .

d) o propano e o butano têm hibridização dos tipos  $sp^2$  e  $sp^3$ .

e) o propano e o butano têm hibridização dos tipos  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ .

**16.** (UNITAU - 2016) Provavelmente, um dos materiais mais fortes já sintetizados pelo homem são os nanotubos de carbono, com resistência à tração até 100 vezes superior ao aço, e com 1/6 do seu peso. Várias indústrias já utilizam esse material, incorporando-o em ferramentas de corte metálicas e cerâmicas, com porcentagens da ordem de 1-5% em massa, uma vez que o nanotubo aumenta a vida útil do fio da lâmina de corte. Os nanotubos são como folhas enroladas na forma de tubos de um plano de átomos de carbono. Como têm diâmetros na escala nanométrica, são denominados nanotubos. A imagem abaixo ilustra um nanotubo de carbono.



Considerando a química do carbono, assinale a afirmativa INCORRETA.

A) Dentre as possíveis hibridações apresentadas pelo átomo de carbono (hibridação  $sp^3$ ,  $sp^2$  e  $sp$ ), os átomos de carbono no nanotubo têm orbitais com hibridação  $sp^2$ .



B) As ligações químicas entre os átomos de carbono no nanotubo são similares às ligações encontradas na estrutura do grafite.

C) A hibridação  $sp^3$  tem geometria tetraédrica, a hibridação  $sp^2$  tem geometria trigonal plana ou triangular, e a hibridação  $sp$  tem geometria linear.

D) Na hibridação  $sp^3$ , o átomo de carbono faz quatro ligações  $\pi$ ; na hibridação  $sp^2$  são duas ligações  $\sigma$  e uma ligação  $\pi$ ; na hibridação  $sp$  são duas ligações  $\sigma$  e duas ligações  $\pi$ .

E) Os ângulos entre os orbitais híbridos  $sp$  são iguais a  $180^\circ$ , nos orbitais  $sp^2$ , são iguais a  $120^\circ$ , nos orbitais  $sp^3$ , são iguais a  $109^\circ 28'$ .

**17. (FGV – Perito Criminal Polícia Civil/MA - 2012)** Os trabalhos revolucionários sobre o grafeno valeram o prêmio Nobel de Física de 2010 aos cientistas Konstantin Novoselov e Andre Geim, e sua extraordinária estrutura oferece aos cientistas um vasto campo de aplicações, que vão desde a criação de baterias de carregamento ultra-rápido até processadores centenas de vezes mais velozes do que os que conhecemos hoje.

O grafeno consiste em uma folha planar de átomos de carbono densamente compactados em uma grade de duas dimensões, com espessura de apenas um átomo, reunidos em uma estrutura cristalina hexagonal. (Em <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>, acessado em 23/11/2012)

A partir do texto, é correto afirmar que os átomos de carbono no grafeno:

A) apresentam uma hibridação  $sp^3$  que permite a formação da estrutura cristalina hexagonal.

B) formam uma estrutura cristalina hexagonal com hibridação  $sp^2$

C) formam uma superestrutura linear contínua compactada com hibridação  $sp$ .

D) formam uma rede cristalina que combina as hibridações planares  $sp$  e  $sp^2$  entrelaçadas entre si.

E) apresentam-se como uma estrutura monomolecular ultrapura onde não há hibridismo dos átomos de carbono.

**18. (UFPA - 2016)** Um anel aromático tem estrutura plana porque seus carbonos têm hibridação

A) somente  $sp$ .

B) somente  $sp^2$ .

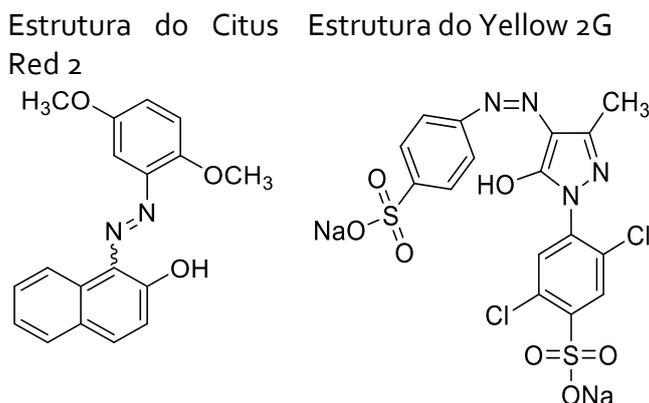
C) somente  $sp^3$ .

D)  $sp$  e  $sp^2$  alternadas.

E)  $sp^2$  e  $sp^3$  alternadas.



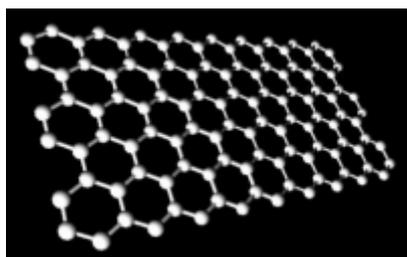
19. (ACAFE - 2018) O corante de alimentos (Citrus Red 2) e o corante para pinturas (Yellow 2G) são representados pelas estruturas a seguir.



Considere os conceitos químicos e as informações fornecidas, e assinale a alternativa correta.

- A) O corante Citrus Red 2 apresenta três anéis aromáticos.
- B) Dois carbonos presentes na molécula do corante Citrus Red 2 possuem hibridização  $sp$ .
- C) Todos os carbonos presentes na molécula do corante Yellow 2G possuem hibridização  $sp^3$ .
- D) Citrus Red 2 e Yellow 2G apresentam, respectivamente, as seguintes fórmulas moleculares:  $C_{18}H_{16}N_2O_3$  e  $C_{16}H_{10}Na_2N_4O_7S_2$ .

20. (UNITAU - 2018) Possivelmente, um dos mais fortes materiais existentes é composto por um plano de átomos de carbono, com a estrutura do grafite. Um desses planos está representado na figura abaixo.



Quando um único plano da estrutura do grafite é isolado, esse plano é denominado grafeno. Uma das incríveis propriedades do grafeno é sua resistência, pois ele pode ser até 1500 vezes mais resistente do que o aço. Atualmente, diversos países estão investindo uma grande quantidade de dinheiro na produção de grafeno, pois esse material já está sendo empregado para aumentar a resistência de equipamentos esportivos, de borrachas e de ferramentas de corte.

Assinale a alternativa INCORRETA a respeito do grafite.

- A) Os átomos de carbono têm hibridização  $sp^2$ .
- B) A estrutura apresenta átomos de carbono ligados, formando uma estrutura hexagonal planar.



- C) O grafite apresenta uma baixa energia de ligação entre os planos de átomos, do tipo intermolecular (Van der Waals).
- D) Os átomos de carbono apresentam hibridação  $sp^3$ .
- E) O grafite é um mineral, um dos alótropos do elemento químico carbono.

## GABARITO



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



# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.