

Revisão para o Enem

Pré-Enem Digit@l

Gold

Componente Curricular

Química

Tema da Aula

Propriedades de compostos orgânicos

SEDUC
Secretaria
de Estado
de Educação



Governo de
**Mato
Grosso**



Caro Estudante,

Estamos às vésperas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM-2020) e para este material escolhi uns dos temas mais recorrentes em química orgânica nas últimas edições do exame: **propriedades de compostos orgânicos**. O material traz uma abordagem sucinta e objetiva sobre o assunto, e espero que ele seja de grande valia para a nossa rotina de estudos no projeto Pré-Enem Digit@l Gold. Bons estudos!

Prof. Erasmo Moises dos Santos Silva

Este material foi organizado pelo professor Erasmo Moises dos Santos Silva e foi disponibilizado para uso exclusivo nas ações do Projeto Pré-Enem Digit@l Gold.

Propriedades de Compostos Orgânicos

Em seus estudos iniciais sobre química orgânica (A química dos compostos de carbono) provavelmente surgiram questionamentos como: Por que o etano (um hidrocarboneto de fórmula molecular C_2H_6) é gasoso em condições ambiente de temperatura e pressão, mas o etanol (um álcool de fórmula molecular C_2H_6O) é líquido? Ou ainda: por que hidrocarbonetos são praticamente insolúveis em água, mas a maioria dos álcoois são solúveis? Essas perguntas encontram respostas nas características, ou propriedades, de cada um dos compostos e de suas funções orgânicas.

Forças intermoleculares e o estado de agregação da matéria

Propriedades como o estado de agregação da matéria (sólido, líquido e gasoso), bem como Temperatura de Ebulição (T.E) e solubilidade estão relacionadas às **forças intermoleculares**,

forças que mantêm as moléculas de uma substância unidas.

Para lembrar

As forças intermoleculares são forças atrativas entre moléculas e agem segundo a distribuição elétrica (dipolos) de cada molécula e a distância entre elas.

A Figura 1 mostra uma certa substância e suas moléculas (representadas por bolinhas vermelhas). O que podemos afirmar sobre as forças intermoleculares que atuam sobre as moléculas nos diferentes estados de agregação?

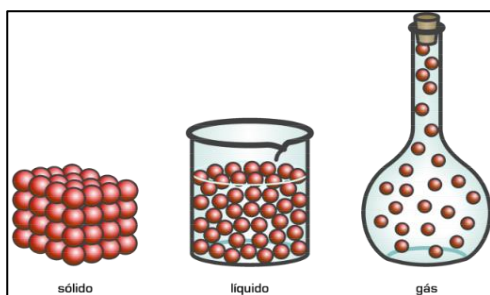


Figura 1 - Estados de agregação da matéria (Fonte: <https://bitly.com/aB3ts>. Acessado em: 1 nov. de 2020)

Percebe-se que no estado sólido as moléculas estão mais unidas e organizadas. Já no estado líquido, as moléculas estão um pouco mais separadas; e no gasoso separadas ainda mais¹. Portanto, podemos afirmar que, no exemplo em questão, as forças intermoleculares são mais intensas em substâncias sólidas do que gasosas.

Forças intermoleculares, polaridade e T.E

Um aspecto importante para as forças intermoleculares está relacionado à distribuição de cargas elétricas sobre as moléculas, ou seja, sua polaridade. Sim, as moléculas, apesar de neutras, podem apresentar dipolos elétricos (regiões positivas e negativas) em razão de sua estrutura e da diferença de **eletronegatividade** entre seus átomos.

Na Figura 2, moléculas de metanol (a) e metano (b) são representadas em suas estruturas tridimensionais. Observe que sobre os átomos da molécula de metanol há a formação de cargas elétricas (dipolos momentâneos): negativo sobre o oxigênio e positivo sobre o restante da molécula. O oxigênio, mais eletronegativo, atrai com mais força os elétrons das ligações entre os átomos de carbono e hidrogênio, por isso a carga negativa. Esses dipolos momentâneos, formados como consequência da significativa diferença de eletronegatividade entre os átomos (O, C e H), são mantidos, dipolo resultante, em virtude da estrutura tridimensional do metanol. Por isso, pode-se afirmar que a molécula de metanol é uma **molécula polar**. No caso do metano (b), a diferença de eletronegatividade (0.4) é bem reduzida (não há a formação de dipolos momentâneos significativos como no etanol) e sua geometria, tetraédrica, provoca um dipolo resultante nulo. Esses fatores concorrem então para que a molécula de metano seja caracterizada como praticamente **apolar**.

Para lembrar

Eletronegatividade é a força de atração relativa que um átomo exerce sobre o par de elétrons em uma ligação química.

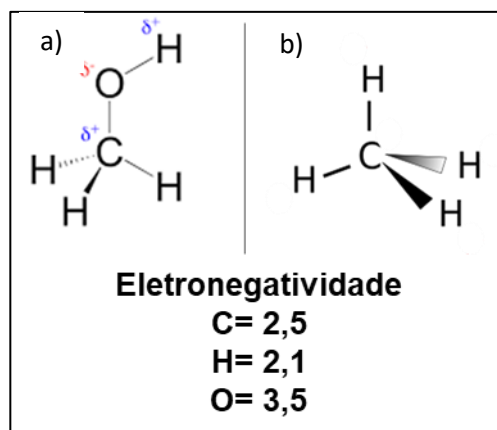


Figura 2 - Estrutura tridimensional das moléculas de metanol (a) e metano (b). Fonte: Autor

¹ Vale a ressalva que a Figura 1 é uma representação estática. Nos diferentes estados de agregação de uma substância, suas moléculas vibram e, no caso dos gases, movimentam-se aleatoriamente. O grau de movimentação/vibração de moléculas se dá em virtude das condições de pressão e temperatura.

A partir das polaridades do metanol e do metano, é possível prever comparativamente a intensidade das forças intermoleculares de cada substância e estabelecer comparações entre suas T.E. Sendo o metanol formado por moléculas polares, é razoável garantir que, por conta de suas cargas negativas e positivas, as moléculas de metanol terão forças intermoleculares mais intensas (a região positiva de uma molécula de metanol interagindo com a região negativa de outra). Já no caso do metano, uma molécula praticamente apolar, as interações intermoleculares não são tão intensas por conta do dipolo resultante nulo (não há interações entre cargas elétricas opostas da mesma maneira como no metanol). Em virtude disso, a 1 atm, a T.E do metanol é de 65° C e do metano é de -161,5° C, já que, para o metanol, mais energia é necessária para separar as interações intermoleculares e assim ocorrer a vaporização. Portanto, uma representação válida sobre o arranjo das moléculas de metanol e metano em condições normais de temperatura e pressão está na Figura 1: as moléculas de metanol mais relativamente próximas umas das outras (estado líquido) e as de metano mais distantes (estado gasoso). A partir disso, a seguinte afirmação torna-se aceitável: **quanto maior a T.E mais intensas são as forças intermoleculares.**

T.E e solubilidade de compostos orgânicos

Como já apresentado, as forças intermoleculares ajudam a explicar propriedades como estado de agregação de substâncias e as suas T.E. Observe a tabela seguir que apresenta as T.E de alcanos não ramificados.

Tabela 1 – Temperatura de ebulição de alcanos a 1 atm.

Substância	Massa molar (g/mol)	T.E (°C)	Fórmula estrutural
Etano	30,07	- 89	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Propano	44,1	- 42	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Butano	58,12	- 1	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

Observando a Tabela 1, o que explica o aumento da T.E com o aumento da massa molar? O aumento da massa molar implica no crescimento da estrutura da molécula (ou da área de contato entre as moléculas), tornando mais intensas as forças intermoleculares. Assim, com intensas atrações entre as moléculas, torna-se mais difícil energeticamente a separação entre elas para a vaporização da substância, provocando o aumento da T.E.

Já entre alcanos com diferentes ramificações e mesma massa molecular, percebe-se variações na T.E conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Temperatura de ebulição de alcanos ramificados a 1 atm.

Substância (fórmula molecular C ₅ H ₁₂)	T.E (°C)	Fórmula estrutural
Pentano	36 °C	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃
2-metil-butano	28° C	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$
Dimetil-propano	9,5° C	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

Nos exemplos da Tabela 2, percebe-se que a T.E é menor para aquela molécula com estrutura mais ramificada (dimetil-propano). Isso ocorre porque a estrutura de uma molécula ramificada é mais compacta, com uma área superficial reduzida, diminuindo as interações intermoleculares e, portanto, a T.E.

Dica

Revise sobre os tipos de interações intermoleculares e suas intensidades relativas (ligação de hidrogênio, dipolo-dipolo e dispersão de London) para uma melhor compreensão sobre a T.E de substâncias polares.

As substâncias orgânicas formadas por moléculas com heteroátomos (de funções orgânicas cloradas, nitrogenadas e oxigenadas, por exemplo) são em geral polares, o que intensifica suas forças intermoleculares e as faz ter maior T.E quando comparadas com alcanos com estruturas próximas. Isso foi o que discutimos na seção anterior.

A solubilidade de substâncias orgânicas é explicada também por meio das forças intermoleculares que unem suas moléculas. Em geral, semelhanças de tamanho e de

polaridade contribuem para uma solubilidade maior. É por isso que o etanol (C_2H_6O), formado por moléculas polares, se dissolve em água, também formada por moléculas polares, em quaisquer proporções. Já o óleo de cozinha, por sua vez, tem uma solubilidade em água muito pequena, principalmente por ser formado por moléculas apolares.

Questões resolvidas

(ENEM) Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002 (adaptado).

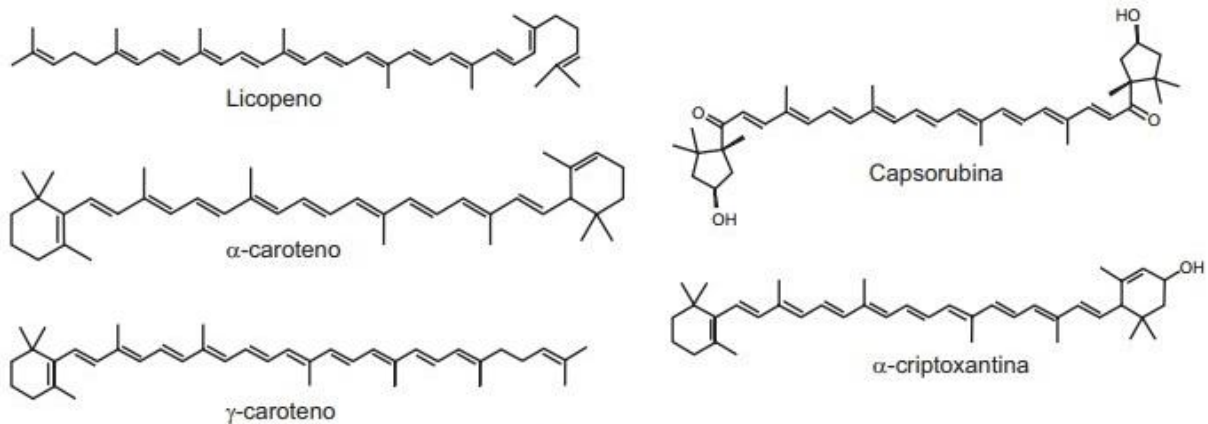
Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

- suas densidades são maiores.
- o número de ramificações é maior.
- sua solubilidade no petróleo é maior.
- as forças intermoleculares são mais intensas.
- a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada

Resolução: os produtos da fração 4 são aqueles com maior faixa de temperatura de ebulição (260 °C a 350° C) e maior número de átomos de carbonos em suas estruturas (de 14 a 18 carbonos). As altas temperaturas de ebulição são resultados de forças intermoleculares mais intensas, pois quanto maior a estrutura da molécula, maior a sua área superficial, intensificando assim as forças intermoleculares. **Portanto, a alternativa correta é a letra D.**

(ENEM-2017) A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase

estacionária migram mais lentamente. Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas:



RIBEIRO, N. M.; NUNES, C. R. Análise de pigmentos de pimentões por cromatografia em papel. Química Nova na Escola, n. 29, ago. 2008 (adaptado).

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

- a) licopeno
- b) α -caroteno
- c) γ - caroteno
- d) capsorubina
- e) α -criptoxantina

Resolução: A substância com maior afinidade com a fase estacionária (água/celulose), que é polar, moverá-se mais lentamente. Entre as substâncias apresentadas, a capsorubina é aquela com maior caráter polar por conta de seus dois grupos hidroxilas (OH). **Portanto, a alternativa correta é a letra D.**