



Estratégia enem

Aula 00

Química p/ ENEM - 2019

Professor: Diego Souza, Equipe Diego Souza, Guilherme Alves Pereira



1- ABELHAS E NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS	6
1.1- <i>Rápida revisão sobre nomenclatura de compostos orgânicos.....</i>	<i>6</i>
1.2- <i>Resolução de questão: abelhas no ENEM.....</i>	<i>11</i>
2- TABELA PERIÓDICA.....	12
2.1- <i>Distribuição eletrônica e posição na tabela periódica</i>	<i>12</i>
2.2- <i>Resolução de questão: propriedades periódicas.....</i>	<i>15</i>
3- GEOMETRIA MOLECULAR	16
3.1- <i>Hibridização e geometria do carbono</i>	<i>16</i>
3.2- <i>Resolução de questão: geometria e hibridização do grafeno</i>	<i>21</i>
4- ESTEREOQUÍMICA	22
4.1- <i>Isomeria geométrica.....</i>	<i>22</i>
4.2- <i>Resolução de questão: isomeria CIS-TRANS.....</i>	<i>24</i>
5- RELAÇÕES DA QUÍMICA COM O MEIO AMBIENTE.....	25
5.1- <i>Fertilidade de solo, fotossíntese e ciclo do nitrogênio</i>	<i>25</i>
5.2- <i>Resolução de questões: desequilíbrio no solo, calagem e transformação de energia</i>	<i>33</i>
6- APROVEITAMENTO COMERCIAL DO PETRÓLEO.....	36
6.1- <i>Refino do petróleo.....</i>	<i>36</i>
6.2- <i>Resolução de questão: refino do petróleo</i>	<i>40</i>
7. TERMOQUÍMICA.....	41
7.1- <i>Entalpia de combustão.....</i>	<i>41</i>
7.2- <i>Resolução de questões: termoquímica.....</i>	<i>45</i>
8- DETERGENTES, SABÕES E CADEIAS CARBÔNICAS	48
8.1- <i>Tensoativos – hidrofília e hidrofobia</i>	<i>48</i>
8.2- <i>Classificação de cadeias carbônicas</i>	<i>50</i>
8.3- <i>Resolução de questão: tensoativos</i>	<i>52</i>
9- REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO E CATALISADORES	53
9.1- <i>Eletroquímica.....</i>	<i>54</i>
9.2- <i>Cinética: fatores que influenciam a velocidade das reações.....</i>	<i>60</i>
9.3- <i>Resoluções: eletroquímica e cinética.....</i>	<i>62</i>
10- AQUECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS E MISTURAS	66
10.1- <i>Resolução de questão: aquecimento e distância interatômica</i>	<i>68</i>





11- PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE GASES	70
<i>11.1- Resolução de questão: transporte de gases perigosos e suas propriedades.....</i>	<i>70</i>
12. REAÇÕES ORGÂNICAS.....	72
<i>12.1- Resolução de questão: ataque nucleófilo ao anidrido.....</i>	<i>72</i>



Olá, futuros universitários e futuras universitárias

Foi com muita satisfação e entusiasmo que aceitei o convite do Estratégia para lançar o curso completo de Química para o ENEM 2019. Esse é um novo desafio para mim e espero respondê-lo da melhor maneira: ajudando decisivamente em sua tão sonhada aprovação.

Desde que recebi esse convite, dediquei-me a entender o formato e as características da prova do ENEM. Vi que hoje essa prova já é a maior plataforma de acesso às universidades do país. Então, gostando ou não do seu formato, devemos aceitá-la e praticarmos as melhores estratégias de preparação. Afinal, essa prova pode decidir o rumo do resto de sua vida... Já parou para pensar nesse grau de importância do ENEM? Enfim, é aí que nós (Professores e Equipe do Estratégia Concursos) entramos! Nosso papel será nos esforçarmos diariamente para trazer, tanto em PDF como em vídeo aulas, o melhor conteúdo, as melhores informações, estratégias, comentários e esquematizações para potencializar suas chances de obter um alto rendimento no ENEM 2019.

Gostaria de destacar rapidamente três características do ENEM:

- **Questões com elevado caráter interpretativo:** na prova do ENEM, não basta saber todo conteúdo, pois é exigido do aluno uma boa interpretação do enunciado. Muitas informações presentes no texto são como dicas da resposta correta, o que não acontece em provas mais objetivas;
- **Interdisciplinaridade:** as diferentes disciplinas se comunicam em uma mesma questão. No ENEM 2018, por exemplo, a questão sobre a fertilidade do solo abordava conceitos da química e da biologia, conforme discutiremos nessa aula. Em outro exemplo, uma questão que abordava o consumo de combustível de um automóvel poderia ser resolvida sob o ponto de vista da química, da física ou até mesmo da matemática; e
- **Contextualização:** característica marcante no ENEM. Quase nunca um conteúdo ou conceitos são cobrados diretamente/isoladamente. Em química, por exemplo, a abordagem dos conteúdos está sempre relacionada com questões de meio ambiente, pesquisas científicas, energia, indústria, temas cotidianos, dentre outros.

Gostaria de me apresentar de forma diferente do que tenho feito em outros cursos. No contexto deste curso, seria pouco relevante eu lhe apresentar excelentes posições que obtive em concursos públicos diversos da área de química (informações disponíveis na página do Estratégia).





O mais eu legal aqui seria eu contar um pouco com o que já trabalhei nos meus 12 anos de experiência profissional na área de química, pois são assuntos muito presentes na prova do ENEM.

Meu nome é **Diego Souza**, mestre em Química e Perito Criminal. Em meu primeiro emprego, trabalhei 1 ano e meio em laboratórios de anatomia, farmácia e microbiologia, o que contribuirá para interdisciplinaridade do nosso curso. Em seguida, trabalhei em um órgão público responsável por regular e fiscalizar as atividades de mineração, onde eu atuei especialmente na fiscalização da exploração comercial de água mineral. Dos 12 anos de atividade profissional na área, 7 foram na EMBRAPA, empresa pública com foco em pesquisa agropecuária. Lá atuei principalmente em laboratórios de análise de solo, planta e gases de efeito estufa, quando participei de diversos projetos de pesquisas com foco na produtividade agrícola e impactos ambientais da agricultura, a exemplo do efeito estufa. Você já deve saber que temas como pesquisas científicas, água, solo, agricultura e impactos ambientais são muito frequentes na prova do ENEM. Pois é, a minha ideia é trazer alguns aspectos dessa minha experiência para o material, apresentando de forma didática as **relações da química com as tecnologias, a sociedade e com o meio ambiente**. Desta forma, você terá em mãos um material contextualizado com os assuntos atuais, de forma semelhante ao que é apresentado no ENEM. Por fim, destaco que atuo em perícia criminal, que é uma atividade multidisciplinar, na qual estou em contato com diversas ciências como biotecnologia, física, engenharia e biologia.

Vamos falar rapidamente sobre a sua preparação e de como nosso curso poderá ser determinante nesse processo. **A disponibilidade e a escolha dos materiais são fatores limitantes na preparação para a prova do ENEM**. Se considerarmos a contextualização e a interdisciplinaridade dessa prova, notamos que as informações relevantes para uma boa preparação estão espalhadas em diferentes livros, notícias e artigos. Nosso curso supera essa dificuldade, pois foi concebido para ser seu **ÚNICO MATERIAL DE ESTUDO**, reunindo todos os temas da química cobrados, bem como suas correlações com assuntos atuais. Tudo isso para **POTENCIALIZAR SEU APRENDIZADO e ABREVIAR SUA JORNADA ATÉ A TÃO SONHADA APROVAÇÃO**.

O nosso curso consistirá de:

- a) **Curso escrito (em PDF) composto por 19 aulas**, além dessa aula demonstrativa, nas quais abordarei a teoria e as aplicações de cada tema abordado, além de cerca de 550 resoluções de questões comentadas;
- b) **Curso completo em vídeo aulas**: haverá transmissões ao vivo via YouTube toda semana, abordando todo conteúdo de química. Após a transmissão ao vivo, os vídeos serão editados e disponibilizados aos alunos do curso que poderão assistir quando e de onde quiserem. As vídeo aulas serão ministradas pelos professores Victor Candela e Guilherme Alves;
- c) **Fórum de dúvidas**: um importante canal de comunicação entre os estudantes e os professores. Por ele, passarei explicações detalhadas a respeito das dúvidas que surgirem.

As 20 aulas do nosso curso, inclusa esta aula demonstrativa, seguirá o cronograma abaixo:



Aulas	Conteúdo	Data de entrega
Aula 00 (Demo)	Introdução à disciplina e resolução da Prova de 2018	Já disponível
Aula 01	REPRESENTAÇÃO DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS: Determinação de fórmulas químicas. Grandezas químicas: massa, volume, mol, massa molar, constante de Avogadro. Princípio de Avogadro. Reações químicas. Fórmulas químicas. Leis ponderais das reações químicas. Balanceamento de equações químicas.	09/01/2018
Aula 02	TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS: evidências de transformações químicas. Interpretando transformações químicas. Aspectos quantitativos das transformações químicas (estequiometria). Sistemas gasosos: Lei dos gases. Equação geral dos gases ideais, conceito de molécula; massa molar, volume molar dos gases. Teoria cinética dos gases. Misturas gasosas.	18/01/2018
Aula 03	TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS: modelo corpuscular da matéria. Modelo atômico de Dalton. Natureza elétrica da matéria: Modelo Atômico de Thomson, Rutherford, Rutherford-Bohr. Átomos e sua estrutura. Número atômico, número de massa, isótopos, massa atômica. Elementos químicos.	27/01/2018
Aula 04	TABELA PERIÓDICA: elemento químico; configuração eletrônica; tabela periódica atual e sua estrutura; lei periódica; e principais subgrupos de elementos físicos.	06/02/2019
Aula 05	MATERIAIS, SUAS PROPRIEDADES E USOS: Propriedades de materiais. Estados físicos de materiais. Mudanças de estado. Misturas: tipos e métodos de separação. Substâncias químicas: classificação e características gerais. Metais e ligas metálicas. Ferro, cobre e alumínio. Ligações metálicas. Substâncias iônicas: características e propriedades. Substâncias iônicas do grupo: cloreto, carbonato, nitrato e sulfato.	19/02/2019
Aula 06	MATERIAIS, SUAS PROPRIEDADES E USOS: Ligação iônica. Substâncias moleculares: características e propriedades. Substâncias moleculares: H ₂ , O ₂ , N ₂ , Cl ₂ , NH ₃ , H ₂ O, HCl, CH ₄ . Ligação covalente. Polaridade de moléculas. Forças intermoleculares. Relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias.	04/03/2019
Aula 07	ÁGUA: Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em solução aquosa: soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções.	17/03/2019
Aula 08	ÁGUA: Ácidos, bases, sais e óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e bases. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.	30/03/2019

Aula 09	TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E ENERGIA: Transformações químicas e energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess.	12/04/2019
Aula 10	TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E ENERGIA: Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday.	25/04/2019
Aula 11	TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS E ENERGIA: Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.	08/05/2019
Aula 12	DINÂMICA DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS: Transformações químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação: concentração, pressão, temperatura e catalisador.	21/05/2019
Aula 13	TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA E EQUILÍBRIO: Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da velocidade e do equilíbrio químico no cotidiano.	03/06/2019
Aula 14	COMPOSTOS DE CARBONO: Características gerais dos compostos orgânicos. Principais funções orgânicas. Estrutura e propriedades de hidrocarbonetos.	16/06/2019
Aula 15	COMPOSTOS DE CARBONO: Estrutura e propriedades de compostos orgânicos oxigenados. Fermentação. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos nitrogenados. Nomenclatura de compostos orgânicos	29/06/2019
Aula 16	COMPOSTOS DE CARBONO: Macromoléculas naturais e sintéticas. Noções básicas sobre polímeros. Amido, glicogênio e celulose. Borracha natural e sintética. Polietileno, poliestireno, PVC, teflon, náilon. Óleos e gorduras, sabões e detergentes sintéticos. Proteínas e enzimas.	12/07/2019
Aula 17	RELAÇÕES DA QUÍMICA COM AS TECNOLOGIAS, A SOCIEDADE E O MEIO AMBIENTE: Química no cotidiano. Química na agricultura e na saúde. Química nos alimentos. Química e ambiente. Aspectos científico-tecnológicos, socioeconômicos e ambientais associados à obtenção ou produção de substâncias químicas.	25/07/2019
Aula 18	RELAÇÕES DA QUÍMICA COM AS TECNOLOGIAS, A SOCIEDADE E O MEIO AMBIENTE: Indústria química: obtenção e utilização do cloro, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, amônia e ácido nítrico. Mineração e metalurgia. Poluição e tratamento de água. Poluição atmosférica. Contaminação e proteção do ambiente.	07/08/2019
Aula 19	ENERGIAS QUÍMICAS NO COTIDIANO: Petróleo, gás natural e carvão. Madeira e hulha. Biomassa. Biocombustíveis. Impactos ambientais de combustíveis fósseis. Energia nuclear. Lixo atômico. Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear.	20/08/2019

Por fim, siga-me no instagram e facebook e terá acesso a novidades, mapas mentais e dicas sobre **química para ENEM**. Sem mais demora, vamos iniciar nossa aula de hoje. Desejo-lhe uma boa aula e espero que goste do nosso material. Bons estudos!

Prof. Diego Souza



Instagram: @Prof.DiegoSouza

Facebook: Prof. Diego Souza

APRESENTAÇÃO DA AULA DE HOJE (RESOLUÇÃO ENEM 2018)

Pessoal, nossa aula de hoje não se resume à resolução da última prova do ENEM. O meu desafio hoje é, além de resolver todas as questões de química do ENEM 2018, **ensinar toda bagagem teórica que o candidato precisava ter para gabaritar essa prova. Por isso, essa aula é bem completa e já servirá como material de preparação para o ENEM 2019.** Devido à limitação de espaço, alguns temas foram abordados de forma mais resumida, mas todos eles serão detalhadamente ensinados no decorrer do curso.

Desta forma, assumo dois importantes desafios com você:

- 1) **AULA DEMONSTRATIVA:** ensinar tudo que precisaria conhecer para gabaritar o ENEM 2018;
- 2) **CURSO COMPLETO:** ensinar tudo que precisará conhecer para gabaritar o ENEM 2019, trabalhando detalhadamente cada tópico do nosso cronograma.

Vamos ao nosso primeiro desafio?

1- ABELHAS E NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

1.1- RÁPIDA REVISÃO SOBRE NOMENCLATURA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Em uma questão do ENEM de 2018, foi apresentado um contexto interessante sobre como as abelhas se diferenciam entre abelha-rainha e abelhas-operárias por meio da produção de dois diferentes sinalizadores químicos: 9-hidroxic-2-enoico e 10-hidroxic-2-enoico. Apesar da contextualização do enunciado, foi exigido do candidato, basicamente, conhecimentos sobre nomenclatura e estrutura de compostos orgânicos. Antes de resolvermos a questão, vamos a uma rápida revisão de ALGUMAS regras sobre nomenclatura (NOTA: abordaremos todas as regras, detalhadamente, na nossa aula dedicada ao tema).



A **QUÍMICA ORGÂNICA** é o ramo da química destinado ao estudo dos **compostos de carbono** (compostos formados principalmente por carbonos) ou compostos orgânicos. A formação desses compostos se deve à capacidade do carbono se ligar a outros carbonos, formando as chamadas **cadeias carbônicas**.

Três partes compõe o nome dos compostos orgânicos:

PREFIXO+INFIXO+SUFIXO

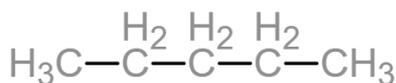
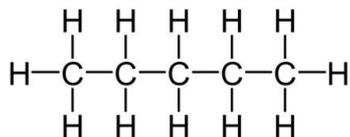
- **PREFIXO**: está relacionado à quantidade de carbonos da cadeia carbônica principal;
- **INFIXO**: está relacionado à presença de insaturações (ligações duplas ou triplas entre carbonos);
- **SUFIXO**: está relacionado à função orgânica (grupos de átomos específicos).

1º passo: segundo a lógica apresentada acima, o primeiro passo é entendermos como dar nome às cadeias carbônicas para identificarmos o **PREFIXO**, conforme regras abaixo:



Nº de Carbonos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	20
PREFIXO	met	et	prop	but	pent	hex	hept	oct	non	dec	undec	dodec	tridec	pentadec	eicos

Galerinha, não tem jeito... Precisamos memorizar a tabela acima. Depois de praticar vários exercícios de nomenclatura (Lógico que faremos isso no nosso curso!), você perceberá que esse conhecimento será automatizado. Abaixo temos o exemplo de um alcano (um tipo de hidrocarboneto) cujo nome é **pentano**, ou seja, pelo uso do prefixo "pent", já saberíamos que sua cadeia carbônica deve apresentar cinco carbonos, não é mesmo?



Acima temos 3 maneiras diferentes de representar o pentano:

- ✓ A estrutura **da esquerda** 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**, embora sejam apresentados todos os átomos envolvidos, simplifica-se ao omitir as ligações entre C e H;
- ✓ 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).

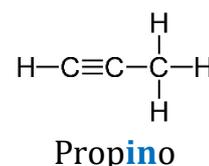
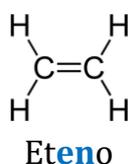
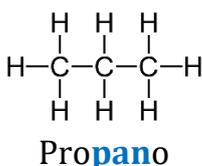
Já revisamos os prefixos para cadeias carbônicas e também como podemos representá-las. No entanto, precisamos de mais informações, pois um **PREFIXO** sozinho não nomeia nenhum composto orgânico, não é mesmo?!

2º passo: identificar insaturações (ligações duplas ou triplas entre carbonos) para encontrarmos o **INFIXO** correspondente, conforme regras a seguir:



	Quantidade de ligações		
	1	2	3
Apenas ligações simples (-C-C-)	AN		
Ligação dupla (-C=C-)	EN	DIEN	TRIEN
Ligação tripla (-C≡C-)	IN	DIIN	TRIIN

Veja três exemplos para ilustração de como aplicar o **INFIXO** na nomenclatura de compostos orgânicos.



3º passo: identificar a função orgânica presente para definirmos qual **SUFIXO** deve ser utilizado.

Rápida revisão: **funções orgânicas** são agrupamentos específicos de átomos, nos quais o carbono sempre está envolvido, presentes nos compostos orgânicos. Os diferentes compostos de uma mesma função orgânica guardam entre si características químicas similares (Não se preocupe com os pormenores agora. Teremos uma aula para destrinchar esse assunto).



Principais funções orgânicas: hidrocarboneto, álcool, éter, éster, aldeído, cetona, ácido carboxílico, amina, amida e haleto.

Vamos nos ater a três funções orgânicas importantes para a resolução da questão do ENEM: hidrocarboneto, álcool e ácido carboxílico. Precisamos entender como reconhecê-las por meio de seus **grupos funcionais** e respectivos **SUFIXOS**.



	Grupo funcional	Exemplo	SUFIXO
Hidrocarboneto	Composto formado apenas por carbono e hidrogênio	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-\text{CH}_3$ Butano	O
Álcool	grupo -OH (hidroxila) ligado a um carbono saturado (realiza apenas ligações simples)	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{H} \end{array}$ 2 propanol	OL
Ácido carboxílico	grupo -COOH (carboxílico)	$\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{OH} \end{array}$ Ácido propanóico	ÁCIDO (antes) + ÓICO (final)

Se a mesma função orgânica se repete em uma molécula, podemos associar os prefixos “di”, “tri”, “tetra”, ..., para indicar o número de vezes que a função se repete. Por exemplo, a molécula abaixo recebe o nome etanodiol (DI (2) + OL).



4º passo (último passo): numerar os carbonos da cadeia carbônica principal e identificar a posição das insaturações e das funções orgânicas.

Pessoal, até aqui, apresentei compostos de cadeias carbônicas mais simples e, por isso, em muitas delas não era necessário identificar a posição de insaturações e de funções orgânicas. No entanto, em moléculas complexas, podemos ter várias características que torne necessária a enumeração da cadeia, dentre as quais destaco:

- Mais de uma instauração;
- Mais de uma função orgânica presente; e
- Ramificações (grupos alquil ligados à cadeia principal, ex: metil (-CH₃), etil (-CH₂-CH₃)).

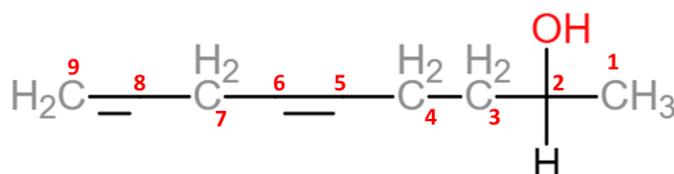


Nesses casos,

Devemos iniciar a numeração dos carbonos do lado em que obteremos a MENOR numeração para as funções orgânicas, insaturações e ramificações, **NESSA ORDEM DE PRIORIDADE**. Isto quer dizer que, se perto de uma extremidade há uma função orgânica (ex: -OH ligado a carbono saturado = álcool), e, próximo a outra extremidade, há uma insaturação, então devemos iniciar a contagem pelo lado mais próximo ao grupo -OH.

Vamos visualizar na prática como isso se dá, nomeando o composto orgânico.

Ex.1:



A numeração se inicia da direita para esquerda por fornecer o menor número para posição do grupo funcional (-OH). De acordo com a enumeração do carbono, obtemos as seguintes informações:

- Cadeia carbônica: 9 carbonos (PREFIXO: NON);
 - Função orgânica: álcool (SUFIXO: OL) na posição 2;
 - Insaturações: duas duplas ligações (INFIXO: DIEN) nas posições 5 e 8.
- Unindo todas essas informações na ordem correta, temos o nome do composto:

NON-5,8-DIEN-2-OL

Pode aparecer mais de um grupo funcional (mais de uma função orgânica) em uma mesma molécula. São as chamadas funções mistas. Foi exatamente isso que a questão do ENEM trouxe. E aí? Como enumerar os carbonos caso haja duas funções orgânicas diferentes, cada uma próxima a uma das extremidades da cadeia?

Nesses casos,

Apenas uma função orgânica será a função orgânica principal, os demais grupos funcionais serão nomeados como ramificações (NOTA: na aula dedicada ao tema, detalharemos melhor como nomear grupos orgânicos como sendo ramificações). A ordem de prioridade é:

Ácido carboxílico → Aldeído → Cetona → Álcool → Amina → Haleto orgânico

Galerinha do bem, acredito que já temos bagagem suficiente [baseado em nossa rápida revisão] para resolvermos a questão do ENEM, sobre abelhas. Vamos lá?!





Obs: as regras completas sobre nomenclatura de compostos orgânicos serão apresentadas em nossa aula dedicada ao tema, abrangendo todas funções orgânicas, cadeias ramificadas, cadeias cíclicas, compostos aromáticos, dentre outros, de forma detalhada e com a resolução de vários exercícios para sua melhor fixação.

1.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: ABELHAS NO ENEM

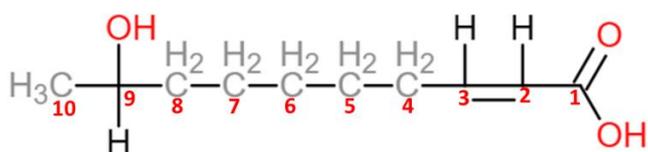
1. (ENEM - 2018) As abelhas utilizam a sinalização química para distinguir a abelha-rainha de uma operária, sendo capazes de reconhecer diferenças entre moléculas. A rainha produz o sinalizador químico conhecido como ácido 9-hidroxidec-2-enoico, enquanto as abelhas-operárias produzem ácido 10-hidroxidec-2-enoico. Nós podemos distinguir as abelhas-operárias e rainhas por sua aparência, mas, entre si, elas usam essa sinalização química para perceber a diferença. Pode-se dizer que veem por meio da química.

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

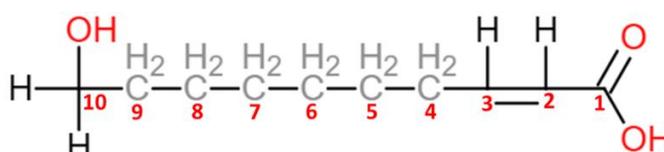
As moléculas dos sinalizadores químicos produzidas pelas abelhas rainha e operária possuem diferença na

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

Resolução: segundo o enunciado, os dois sinalizadores químicos são **ácido** 9-hidroxidec-2-enoico e **ácido** 10-hidroxidec-2-enoico, produzidos, respectivamente, pela abelha rainha e pelas abelhas operárias. Como se vê pelo **PREFIXO** dec, destacado em verde, a cadeia carbônica é composta de 10 carbonos. A função orgânica principal é ácido carboxílico devido à utilizado do **SUFIXO** ácido + óico, destacado em vermelho. Além disso, está presente a função álcool, devido a presença do grupo hidróxi. Por fim, destaque que também há instauração (dupla ou tripla ligação entre carbonos) em ambas substâncias devido ao uso do **INFIXO** "EN", que indica a presença de dupla ligação. Com base nessa discussão, podemos escrever a estrutura para os dois sinalizadores como segue:



Ácido 9-hidroxidec-2-enoico
Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O₃



Ácido 10-hidroxidec-2-enoico
Fórmula molecular: C₁₀H₁₈O₃





Lembre-se que começamos a contagem dos carbonos pela extremidade mais próxima do grupo funcional $-\text{COOH}$ (carboxílico) porque a função ácido carboxílico tem prioridade em relação a função álcool, identificada pelo grupo funcional $-\text{OH}$ ligado ao carbono saturado. Vamos agora analisar as alternativas da questão.

Letra A: correta. A fórmula estrutural (maneira em que estão dispostos os carbonos e grupos funcionais) é a única diferença entre as duas moléculas. Essa diferença ocorre devido a diferença de posição do grupo hidróxi ($-\text{OH}$): carbono 9 na molécula da esquerda e carbono 10 na da direita.

Letra B: incorreta. Conforme demonstrado acima, a fórmula molecular das duas moléculas é a mesma, pois a única diferença entre elas é a posição do grupo hidróxi ($-\text{OH}$).

Letra C: incorreta. Os mesmos tipos de ligação estão presentes nas duas moléculas.

Letra D: incorreta. As duas substâncias apresentam mesma quantidade de carbonos.

Letra E: incorreta. Estão presentes os mesmos grupos funcionais.

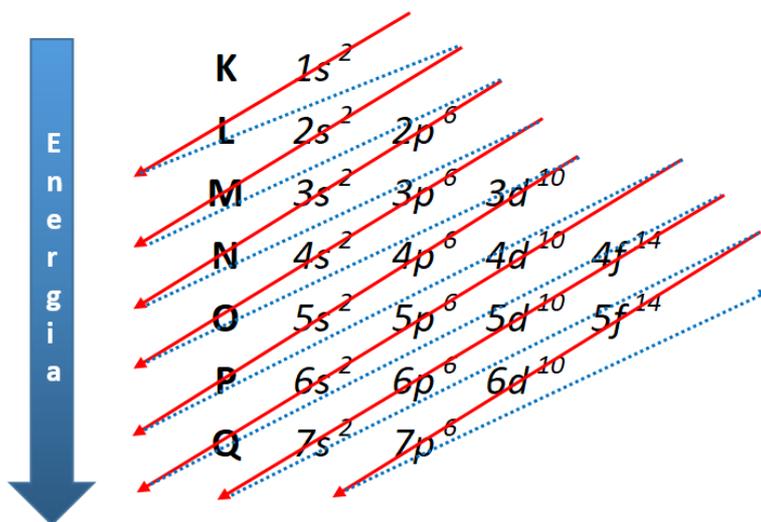
Resposta: letra A

2- TABELA PERIÓDICA

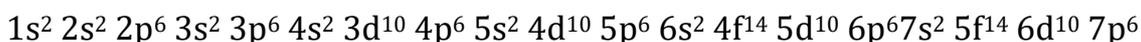
2.1- DISTRIBUIÇÃO ELETRÔNICA E POSIÇÃO NA TABELA PERIÓDICA

Pessoal, a discussão da organização da tabela periódica, seus períodos, famílias e de propriedades periódicas é assunto para uma aula inteira. Hoje vamos abordar resumidamente como podemos utilizar a distribuição eletrônica para situar os elementos na tabela periódica.

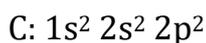
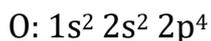
Vamos relembrar resumidamente a **distribuição eletrônica de Linus Pauling**. Segundo esse tipo de distribuição, os elétrons, em torno do núcleo positivo, estão distribuídos em camadas de energia (K, L, M, N, O, P e Q) e, em cada camada, se distribuem em subníveis de energia (orbitais): s, p, d e f, os quais comportam 2, 6, 10 e 14 elétrons, respectivamente. Esses níveis são ordenados em energia, seguindo o zig-zag das setas de cima para baixo:



Dessa forma, obtemos a seguinte sequência crescente de energia dos orbitais:



Como exemplos, veja abaixo as distribuições eletrônicas do Oxigênio (*número atômico* $(Z)=8$, isto é, possui 8 prótons, conseqüentemente, **8 elétrons (e-)**) e do Carbono ($Z=6$):

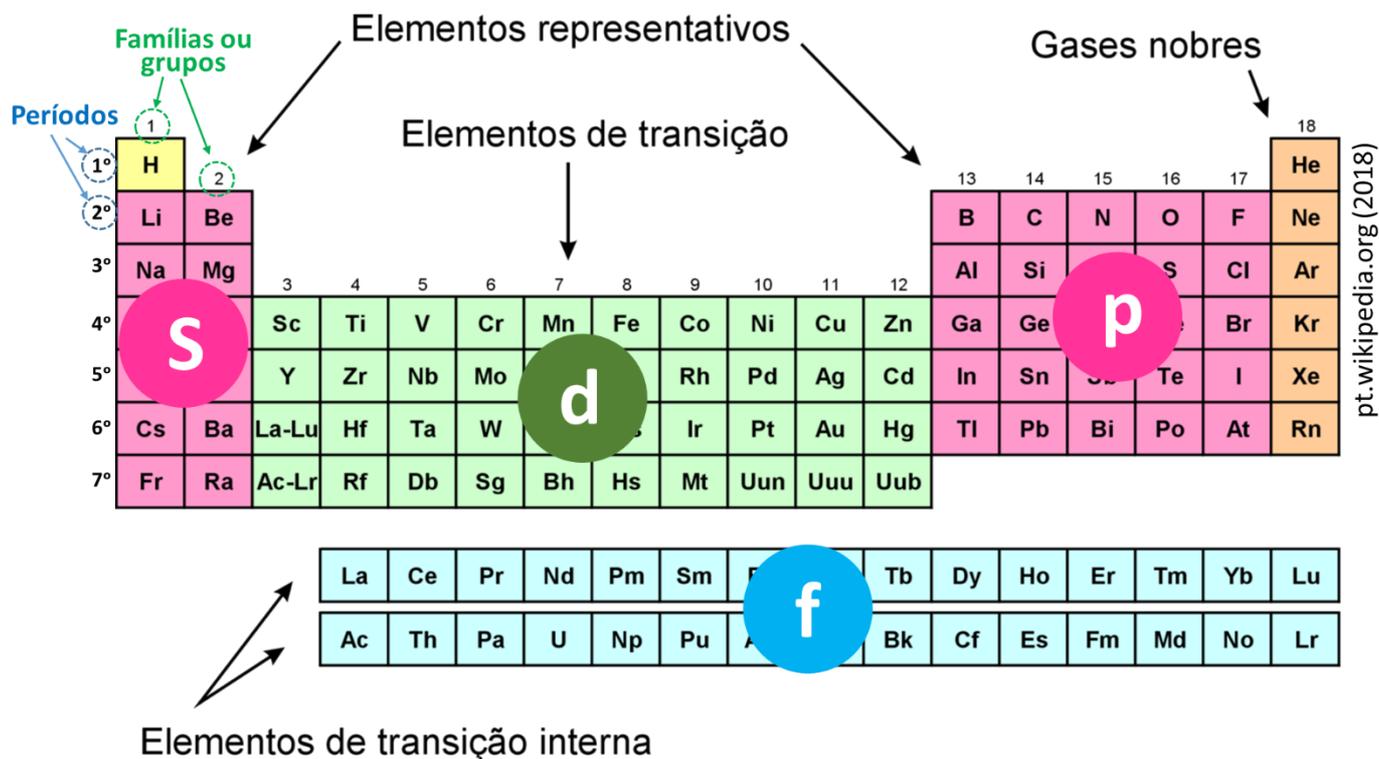


Você está tranquilo com essa parte, certo? Agora vamos dividir a tabela em três partes:

- **elementos representativos:** configuração eletrônica terminada em subnível s ou p ;
- **elementos de transição:** configuração eletrônica terminada em subnível d ; e
- **elementos de transição interna:** configuração eletrônica terminada em subnível f .

Para ajudar na sua memorização, adaptei abaixo uma tabela periódica da internet, adicionando o último subnível preenchido para cada parte da tabela e diferenciando o que são **períodos** e **grupos** da tabela. Lembre-se que o último subnível preenchido é o mais energético.





pt.wikipedia.org (2018)

Beleza! Já sabemos a região de um elemento químico na tabela periódica pelo último subnível preenchido. Mas precisamos ir além, precisamos entender como encontrar a família e o período de um elemento a partir de sua distribuição. Para tanto, siga as duas regras abaixo:



Elementos representativos

Período: corresponde à camada de valência (última camada que apresente elétron);

Família: corresponde à soma dos elétrons da camada de valência.

Exemplos:

Sódio (Na, Z=11)

Distribuição eletrônica: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^1$ (faça a distribuição seguindo o zig-zag de Linus Pauling)

Camada de valência: 3 (do $3s^1$), logo o sódio está no 3º período





Soma dos elétrons da camada de valência: $1 e^-$, logo o elemento é da família 1

Oxigênio (O, Z=8)

Distribuição eletrônica: $1s^2, 2s^2, 2p^4$

Camada de valência: 2 (do $2p^4$), logo o oxigênio está no 2º período

Soma dos elétrons da camada de valência: $6 e^-$, logo o elemento é da família 16 (já que do lado direito dos elementos representativos, os números possíveis variam entre 13 e 17).

Elementos de transição

Período: corresponde à camada de valência;

Família: corresponde à soma dos elétrons da camada de valência e do subnível mais energético (último subnível preenchido).

Exemplo:

Ferro (Fe, Z=26)

Distribuição eletrônica: $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 4s^2, 3d^6$

Camada de valência: 4 (do $4s^2$), logo o sódio está no 4º período

Soma dos elétrons da camada de valência e do subnível mais energético: $8 e^- (4s^2 3d^6 \rightarrow 2+6)$, logo o elemento é do grupo 8.

2.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: PROPRIEDADES PERIÓDICAS

2. (ENEM - 2018) Na mitologia grega, Nióbia era a filha de Tântalo, dois personagens conhecidos pelo sofrimento. O elemento químico de número atômico (Z) igual a 41 tem propriedades químicas e físicas tão parecidas com as do elemento de número atômico 73 que chegaram a ser confundidos. Por isso, em homenagem a esses dois personagens da mitologia grega, foi conferido a esses elementos os nomes de nióbio (Z = 41) e tântalo (Z = 73). Esses dois elementos químicos adquiriram grande importância econômica na metalurgia, na produção de supercondutores e em outras aplicações na indústria de ponta, exatamente pelas propriedades químicas e físicas comuns aos dois.

KEAN, S. **A colher que desaparece:** e outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos. Rio de Janeiro: Zahar, 2011 (adaptado).

A importância econômica e tecnológica desses elementos, pela similaridade de suas propriedades químicas e físicas, deve-se a

- A) terem elétrons no subnível *f*.
- B) serem elementos de transição interna.





- C) pertencerem ao mesmo grupo na tabela periódica.
- D) terem seus elétrons mais externos nos níveis 4 e 5, respectivamente.
- E) estarem localizados na família dos alcalinos terrosos e alcalinos, respectivamente.

Comentários: em suma, foi perguntado ao candidato o motivo da similaridade de propriedades entre os elementos químicos nióbio ($Z = 41$) e tântalo ($Z = 73$). Na tabela periódica, elementos de um mesmo grupo ou família apresentam propriedades semelhantes. Por exemplo, todos os elementos do grupo 2 tendem a fazer ligações iônicas, perdendo 2 elétrons da última camada. Entretanto, não podemos marcar a letra C como correta sem antes nos certificarmos de que ela é verdadeira.

Para analisarmos se os dois elementos são de um mesmo grupo, devemos realizar a distribuição eletrônica de cada um, seguindo o zig-zag de Linus Pauling ensinado anteriormente, como segue:

Nióbio ($Z=41$)	Tântalo ($Z=73$)

Seguindo as regras anteriormente ensinadas, concluímos que o nióbio e Tântalo estão, respectivamente, no 5º e 6º períodos da tabela. Além disso, sabemos que ambos são elementos de transição por suas configurações terminarem em subnível d. Por fim, em relação à família, ambos apresentam 5 como resultado da soma dos elétrons da camada de valência (Nióbio: $5d^2$; Tântalo: $6d^2$) e do último subnível preenchido (Nióbio: $4d^3$; Tântalo: $5d^3$). Desta forma, ambos são do mesmo grupo da tabela periódica, 5.

Resposta: letra C

3- GEOMETRIA MOLECULAR

3.1- HIBRIDIZAÇÃO E GEOMETRIA DO CARBONO

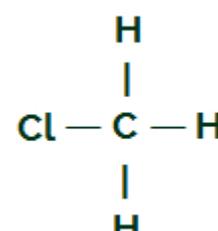
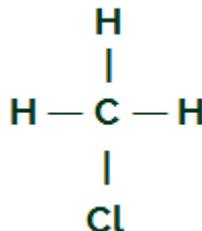
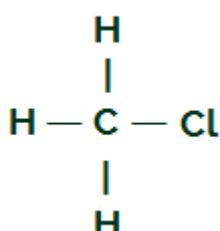
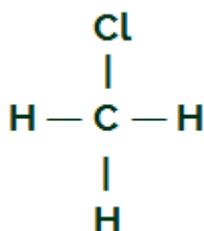
Já discutimos que o carbono tende a formar cadeias carbônicas, que são a base dos compostos orgânicos. Estima-se que o carbono esteja presente em cerca de 16 milhões de



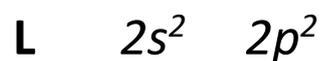


substâncias diferentes, daí a sua elevada importância. Ele está posicionado na família 4 A e, por isso, apresenta características intermediárias entre os metais e ametais. Podemos dizer que ele nem tem grande tendência a ganhar e nem a perder elétrons. Desta forma, o mais comum é ele compartilhar elétrons com outros átomos, formando as chamadas ligações covalentes.

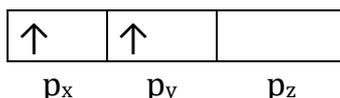
Segundo os postulados de Kekulé, o carbono é tetravalente (realiza 4 ligações) e suas 4 valências são iguais, o que significa que, independente da posição dos ligantes, o composto será sempre o mesmo (condição: 4 ligações simples). As 4 estruturas abaixo são equivalentes:



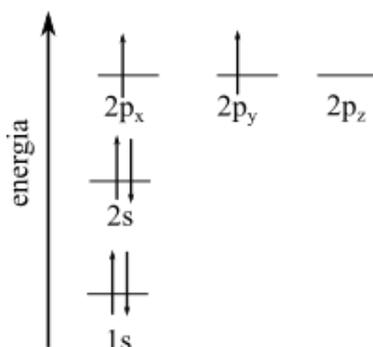
O curioso é que pela sua distribuição eletrônica, o carbono, que possui número atômico 6 (6 prótons e 6 elétrons), deveria fazer apenas duas ligações covalentes. Vejamos:



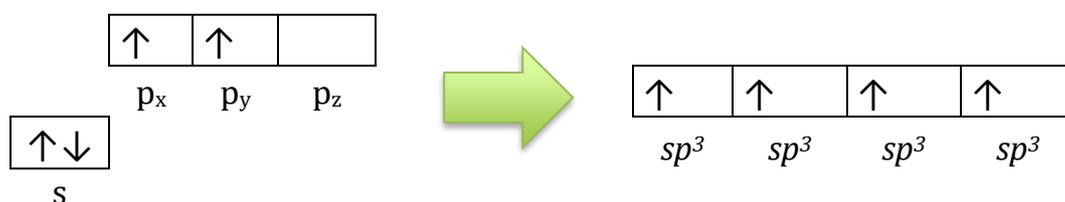
Na camada de valência L, o subnível "s" está completamente preenchido e o subnível p, que suporta até 6 elétrons, está parcialmente preenchido com 2 elétrons. Olhando mais de perto o subnível p, sabemos que os seus orbitais (p_x, p_y, p_z) estão assim preenchidos:



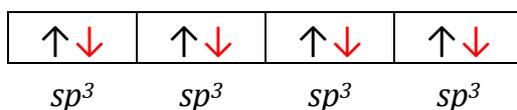
Em termos de energia, podemos reescrever como:



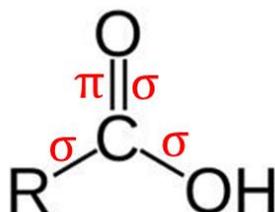
Como cada orbital comporta dois elétrons emparelhados, então haveria apenas dois elétrons desemparelhados capazes de formar ligações covalentes. Como seria possível o carbono fazer 4 ligações? Ocorre no carbono e em outros átomos um fenômeno chamado hibridização, que seria uma espécie de mistura de diferentes 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, 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, por exemplo, em que o átomo de carbono se liga a 4 átomos de hidrogênio, teremos a seguinte configuração de valência (Obs.: as setas em vermelho são os elétrons dos hidrogênios):

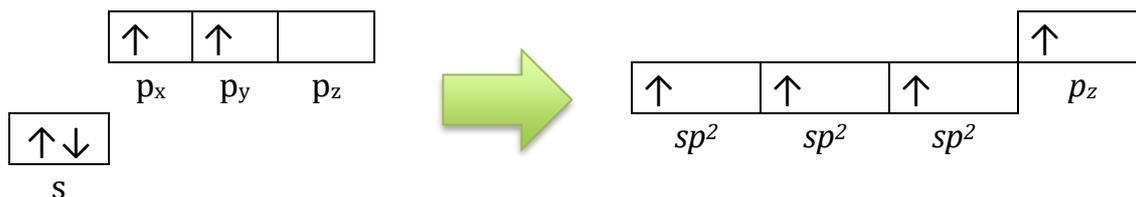


Há casos em que o carbono se liga a apenas 3 átomos, fazendo, com um deles, dupla ligação, o que totaliza 4 ligações. Note como isso acontece no carbono abaixo:



No caso do metano, as 4 ligações são do tipo sigma (σ), de mais baixa energia. Já no exemplo acima, 3 ligações são do tipo sigma (σ), as quais são equivalentes, e a segunda ligação

entre o carbono e oxigênio é do tipo pi (π), que possui energia superior à ligação σ . Em nossa aula sobre o assunto, explicaremos os motivos da ligação π apresentar energia superior à ligação σ . No caso de o carbono apresentar uma ligação dupla, a hibridização será diferente, do tipo sp^2 (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 :

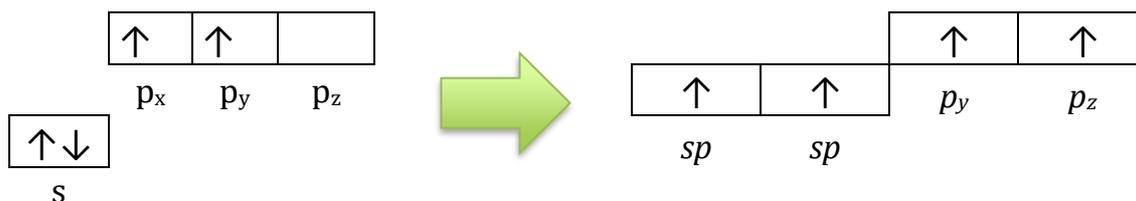


Veja que, após a hibridização, o carbono passa a apresentar 3 orbitais sp^2 , os quais formam as 3 ligações simples, e 1 orbital p não hibridizado que formará a dupla ligação.

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 σ e 2 ligações π em ambos os casos:



Nesses 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 π , conforme demonstrado abaixo:



A partir do já discutido até aqui, podemos montar a seguinte tabela:



TOME NOTA!

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

Agora precisamos entender como a hibridização se relaciona com a geometria molecular do carbono. Em nosso curso, discutiremos mais a fundo como os pares de elétrons ligantes e não ligantes definem a geometria molecular. Aqui, vamos nos ater ao carbono. Beleza?



Podemos explicar a geometria molecular pela teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência (TRPEV). Nela, os pares de elétrons de valências¹ (ligantes ou não ligantes) são tratados como nuvens eletrônicas, as quais se repelem entre si por apresentarem cargas de mesmo sinal. Desta forma, a geometria molecular será aquela que produz a maior distância possível entre elas. Vamos ver como isso se aplica ao carbono.



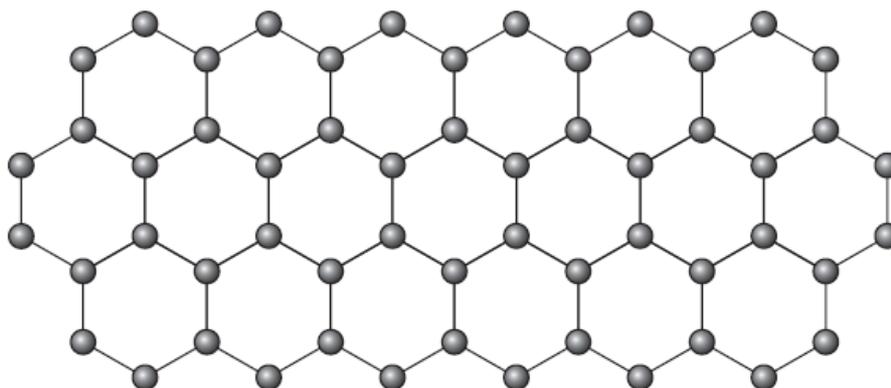
Hibridização	Geometria molecular	Considerações
sp^3	<p>Tetraédrica</p>	A esfera central representa o carbono ligado a quatro átomos (esferas brancas). O maior distanciamento entre os pares eletrônicos será obtido orientando os 4 ligantes na direção dos vértices de um tetraedro , o que justifica o nome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

¹ Valência: região mais externa da eletrosfera, onde são formadas as ligações interatômicas.



3.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: GEOMETRIA E HIBRIDIZAÇÃO DO GRAFENO

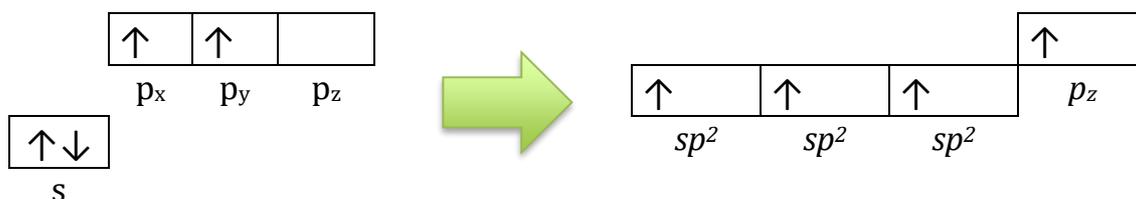
3. (ENEM - 2018) O grafeno é uma forma alotrópica do carbono constituído por uma folha planar (arranjo bidimensional) de átomos de carbono compactados e com a espessura de apenas um átomo. Sua estrutura é hexagonal, conforme a figura.



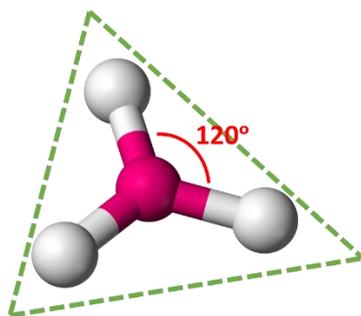
Nesse arranjo, os átomos de carbono possuem hibridação

- A) sp de geometria linear.
- B) sp^2 de geometria trigonal planar.
- C) sp^3 alternados com carbonos com hibridação sp de geometria linear.
- D) sp^3d de geometria planar.
- E) sp^3d^2 com geometria hexagonal planar.

Comentários: conforme observado na figura acima, as três ligações realizadas por cada carbono apresentam o mesmo comprimento e, por isso, devem apresentar a mesma energia. Para que isso seja possível, o carbono precisa apresentar hibridação sp^2 (misturar 1 orbital s com dois orbitais p), obtendo três orbitais de mesma energia. Essa configuração viabiliza a formação de três ligações idênticas, conforme demonstrado abaixo:



Conforme estudamos, ao se ligar a três átomos em um carbono, os mesmos são posicionados na direção dos vértices de um triângulo para reduzir a repulsão dos pares eletrônicos do carbono, conforme ilustrado na figura abaixo. Essa geometria recebe o nome de **trigonal planar**.



Resposta: letra B

4- ESTEREOQUÍMICA

A **esterioquímica** é o ramo da química que estuda o arranjo tridimensional das moléculas. Os átomos estão ligados na mesma ordem, mas a orientação espacial pode ser diferente. Essas moléculas são chamadas de **esterioisômeros**.

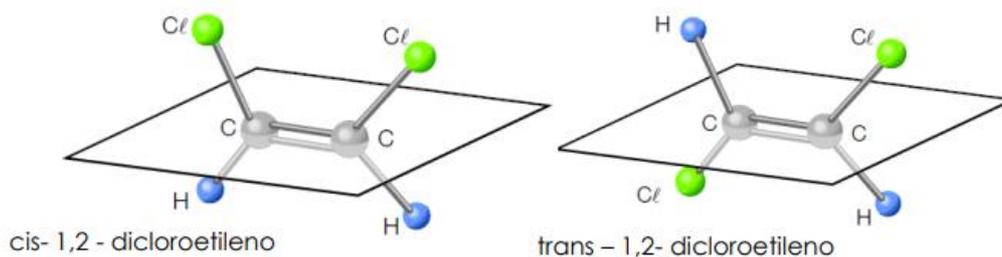
A isomeria espacial é dividida em dois grupos: a **isomeria geométrica** e a **isomeria óptica**. Hoje falaremos somente da isomeria geométrica, que foi cobrada no ENEM 2018. Em nossas aulas de orgânica, abordaremos em mais detalhes todos os assuntos da estereoquímica. Beleza?

4.1- ISOMERIA GEOMÉTRICA

Isomeria Geométrica, também conhecida como **cis-trans**, corresponde a um tipo de isomeria que ocorre em duas situações:

1. Compostos com duplas ligações; e
2. Compostos cíclicos.

Os compostos com dupla ligação, em que os grupos iguais ficam no mesmo plano (para frente ou para trás), são chamados de **CIS**. Já os compostos que ficam de lados opostos são chamados de **TRANS**.

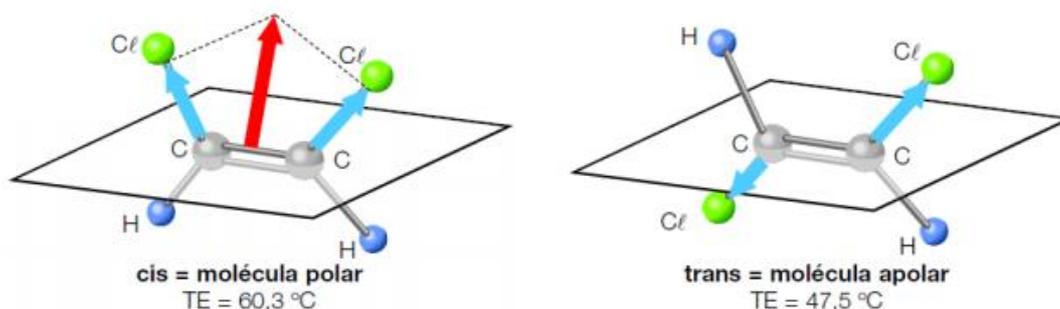


Isômeros cis e trans 1,2-dicloroetileno.²

² Fonte: Isomeria Espacial. http://paginapessoal.utfpr.edu.br/lorainejacobs/tecnico/t51-tecnico-em-mecanica/aulas-pdf-prova-2-1/ISOMERIAESPACIAL.pdf/at_download/file. Acesso em 14 de set. De 2018.

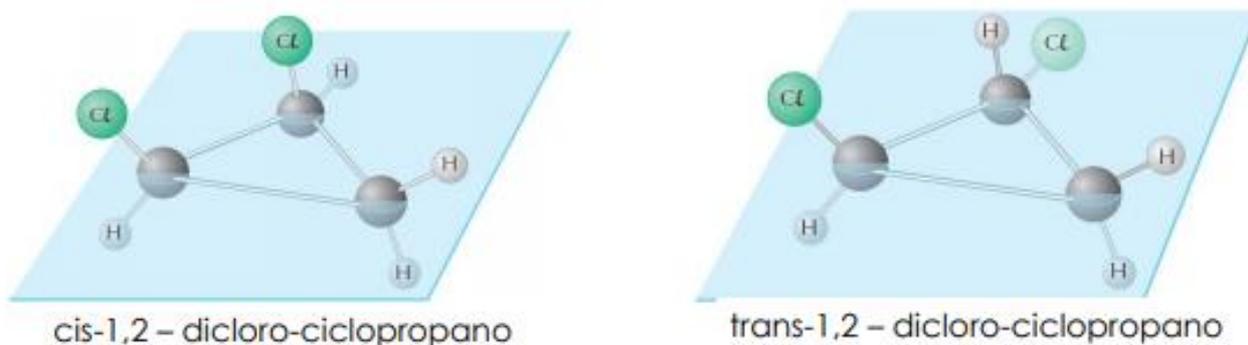


Os isômeros espaciais possuem propriedades físicas diferentes, como polaridade, ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade e solubilidade. Na figura abaixo, a seta vermelha demonstra que o isômero **cis** apresenta polaridade mais elevada em relação ao **trans** devido aos dois cloros estarem numa mesma orientação. Essa característica mais polar resulta, por exemplo, em uma temperatura de ebulição (TE) mais elevada para o **cis**, já que a presença de polos aumenta a interação intermolecular, dificultando o afastamento das moléculas para passarem ao estado gasoso.



Diferença do ponto de ebulição dos isômeros cis e trans 1,2-dicloroetileno.³

Os compostos cíclicos que possuem isomeria geométrica devem apresentar pelo menos dois carbonos do ciclo com substituintes diferentes de hidrogênio. Vejamos a molécula da figura abaixo, o composto **cis** corresponde à molécula em que os átomos de cloro estão do mesmo lado do plano (no caso, para cima do plano) e o **trans**, à molécula em que esses átomos estão em lados opostos (um acima e outro abaixo do plano).

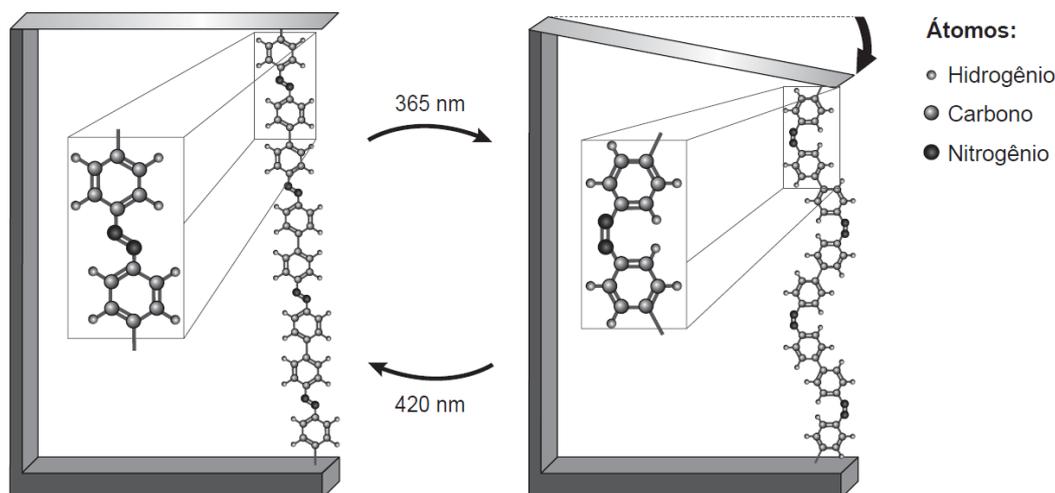


Plano de simetria dos isômeros cis e trans 1,2-diclorociclopropano³

³ Fonte: Isomeria Espacial. http://paginapessoal.utfpr.edu.br/lorainejacobs/tecnico/t51-tecnico-em-mecanica/aulas-pdf-prova-2-1/ISOMERIAESPACIAL.pdf/at_download/file. Acesso em 14 de set. De 2018.

4.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: ISOMERIA CIS-TRANS

4. (ENEM - 2018) Pesquisas demonstram que nanodispositivos baseados em movimentos de dimensões atômicas, induzidos por luz, poderão ter aplicações em tecnologias futuras, substituindo micromotores, sem a necessidade de componentes mecânicos. Exemplo de movimento molecular induzido pela luz pode ser observado pela flexão de uma lâmina delgada de silício, ligado a um polímero de azobenzeno e a um material suporte, em dois comprimentos de onda, conforme ilustrado na figura. Com a aplicação de luz ocorrem reações reversíveis da cadeia do polímero, que promovem o movimento observado.



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

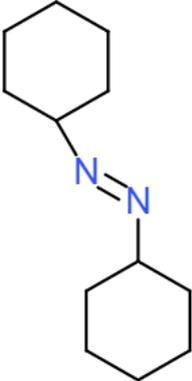
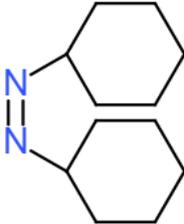
O fenômeno de movimento molecular, promovido pela incidência de luz, decorre do(a)

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

Comentários: questão muitíssimo interessante. Não pelo conhecimento exigido, mas pelo que é nela ensinado. Confesso que eu desconhecia essa pesquisa sobre nanodispositivos, que se baseia em movimentos em dimensões atômicas, induzidas por luz, para produzir força mecânica. A nanotecnologia está em alta e não poderia ficar de fora do ENEM.

Era exigido do candidato conhecimentos sobre isomeria cis-trans. Talvez isso não ficasse tão claro analisando a estrutura molecular apenas com circunferências. No entanto, caso houvesse dúvida, o candidato poderia usar a legenda com o nome dos átomos para redesenhar a parte de interesse da molécula como segue:



	
Como os grupos iguais estão em lados opostos. A estrutura apresenta configuração TRANS .	Como os grupos iguais estão em lados iguais. A estrutura apresenta configuração CIS .

Como se vê, a incidência de luz com comprimentos de onda específicos promove a conversão entre isômero cis em isômero trans. Já que o isômetro trans ocupa volume maior que o cis, essa conversão resulta em um movimento do material que pode ser aproveitado como força mecânica. Portanto, temos, nesse caso, a isomerização, que é a transformação de um isômero em outro.

Resposta: letra B

5- RELAÇÕES DA QUÍMICA COM O MEIO AMBIENTE

5.1- FERTILIDADE DE SOLO, FOTOSÍNTESE E CICLO DO NITROGÊNIO

Resolvi agrupar a discussão teórica de três questões porque abordam assuntos que se comunicam entre si: duas trabalham a questão da fertilidade do solo e a outra aborda a transformação da energia luminosa em energia química, processo que pode ser realizado pelas espécies vegetais. A ideia aqui é te passar, por enquanto, apenas uma visão mais ampla sobre o assunto, mas que te permita entender o enunciado de cada questão e julgar suas alternativas.



TOME NOTA!

Do mesmo modo que fazemos em química, podemos dividir a composição da fase sólida do **solo** em duas partes: compostos orgânicos e compostos inorgânicos.

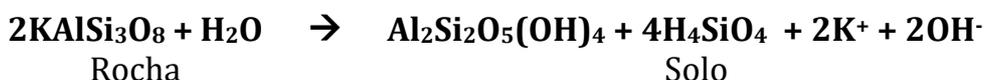
- **Compostos orgânicos:** substâncias orgânicas em geral (substâncias compostas principalmente de carbono), a exemplo de proteínas, carboidratos, resinas, aldeídos, compostos aromáticos e substâncias húmicas (compostos orgânicos de elevado peso molecular). Chamada fração orgânica do solo ou matéria orgânica do solo.
- **Compostos inorgânicos:** íons (cátions, ânions), ácidos, bases, sais e óxidos. Compõe a chamada fração mineral do solo.



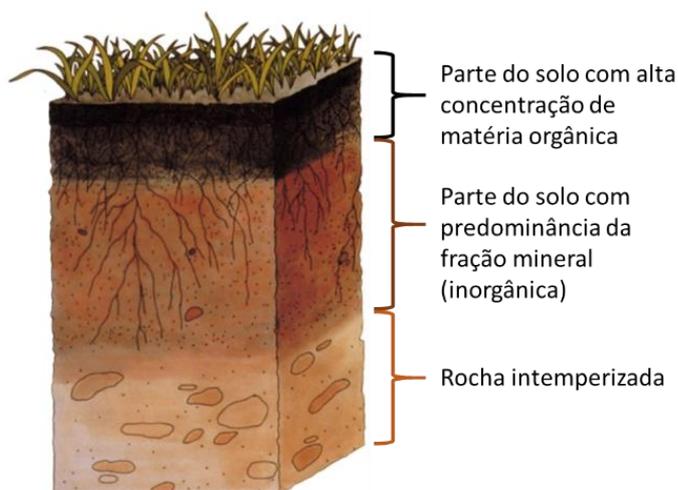


Solo⁴

O intemperismo das rochas é o principal meio de fornecimento de compostos inorgânicos para o solo. Quimicamente falando, na rocha, os compostos inorgânicos estão em formas mais complexas, os quais vão se modificando por processos físicos, biológicos e químicos até se “desfazem” em formas mais simples no solo, que são os nutrientes. Abaixo, segue uma reação que exemplifica esse processo:



Por outro lado, a matéria orgânica do solo (MOS) é incorporada através da superfície do solo e provém de restos de plantas, dejetos e animais mortos. Desta forma, a concentração de MOS é maior na parte superficial do solo. Levando em conta que, em geral, substâncias orgânicas escurecem o solo, então se realizarmos um corte no perfil do solo, perceberemos um degradê, em que a parte superficial é mais escura e vai “clareando” à medida que a profundidade aumenta, conforme ilustrado na figura abaixo.



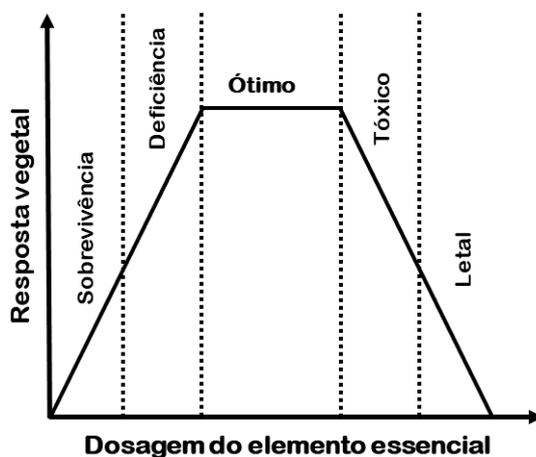
Representação do perfil do solo⁵

⁴ Fonte: What's New. Disponível em: <https://pikeconservation.org/soil-profile/>. Acessado em 23 nov. 2018

⁵ Adaptado de Perfil do Solo. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_5_2212200611537.html. Acessado em 22 nov. 2018.



As culturas agrícolas (plantas) retiram do solo os nutrientes necessários para seu desenvolvimento. Não é necessário decorar, mas saiba que os seguintes nutrientes (elementos químicos) são considerados essenciais para as plantas: C, N, O, H, Ca, Mg, K, P, S, Si, Mn, Fe, Cu, Zn, B, Cl, Co, Mo e Se. A maioria dos nutrientes são retirados (extraídos pelas raízes das plantas) tanto da parte orgânica como da inorgânica do solo. Dizemos, portanto, que um solo é fértil se ele apresentar todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Ressalto que os nutrientes precisam estar em concentrações adequadas, pois mesmo aqueles nutrientes essenciais ou “benéficos” podem ser tóxicos se estiverem em concentrações muito elevadas (acima de um patamar ótimo), conforme ilustra o gráfico abaixo, podendo levar o vegetal à morte.



É intuitivo pensar que a fertilidade do solo também influi no desenvolvimento animal e até humano, já que as “plantinhas” se “alimentam” do solo e, na sequência, animais e humanos se alimentam dos vegetais.

Como os vegetais crescem?

Cerca de 90% da composição seca (peso total subtraído do peso de água) das plantas são substâncias orgânicas: carboidratos, lipídeos, proteínas, etc. Mas de onde vem tanta massa seca? Como o vegetal consegue fabricar (sintetizar) essas moléculas?

De certo, você já ouviu falar sobre a fotossíntese, não é mesmo?



TOME NOTA!

Fotossíntese: o próprio nome diz muito, pois FOTO vem de luz (= radiação eletromagnética), ou seja, síntese a partir da absorção de luz. É o processo pelo qual plantas, algas e algumas bactérias sintetizam carboidratos a partir de dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O), utilizando como energia de ativação da reação a luz [em geral, luz solar]. Analisando a cadeia alimentar, notamos que a fotossíntese é indispensável para vida vegetal, animal e até humana. Isso porque, nós mesmos, utilizamos os carboidratos (produzidos essencialmente pelas plantas) como energia química para os processos fisiológicos do nosso organismo. Seguem abaixo duas reações, a primeira é a



representação geral da fotossíntese e a segunda corresponde a síntese de glicose (um tipo de carboidrato) por meio da fotossíntese.



Como se vê na reação acima, as plantas são capazes de absorver gás carbônico e água, produzindo carboidratos diversos e, na sequência, liberar oxigênio para atmosfera. **Nesse processo, temos a transformação da energia luminosa em energia química.** Isso se comprova ao lembrarmos que animais e humanos utilizam carboidratos como fonte de energia. Na prática, em organismos vivos, moléculas complexas como carboidratos, que contém energia química em suas ligações, são “quebradas” (oxidadas) e sua energia é liberada para as células. Vale ressaltar ainda que, na fotossíntese, o carbono passa da forma inorgânica (CO_2) para a forma orgânica.

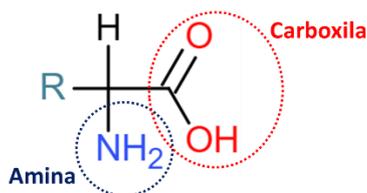
Por fim, destaco que a clorofila, que confere cor verde dos vegetais, e outros pigmentos fotossintéticos são os responsáveis pela absorção da luz solar, cuja energia será utilizada para promover a fotossíntese.

Ótimo. Já entendemos como as plantas são capazes de sintetizar carboidratos, retirando carbono da própria atmosfera. Outro importantíssimo grupo de moléculas são as proteínas.



TOME NOTA!

As **proteínas** são polímeros de **aminoácidos**, como o próprio nome indica, são substâncias que apresentam em sua composição as funções orgânicas **amina** e **ácidos carboxílicos**, conforme apresentado abaixo.



Representação geral de um aminoácido

As proteínas são importantíssimas moléculas para os seres vivos em geral e representam mais da metade da composição das células. Sua grande importância se dá pelas diversas funções que assumem no metabolismo dos organismos vivos. Muitas delas atuam como enzimas catalisando reações químicas necessárias para a manutenção dos organismos vivos. Em termoquímica, discutiremos melhor o mecanismo de ação dos catalisadores.

Já vimos que as plantas são capazes de extrair carbono da atmosfera para produção de carboidrato. E quanto ao nitrogênio para produção de proteínas? Elas seriam capazes de absorver o nitrogênio (N_2), em sua forma elementar, da atmosfera?... Nesse caso, a resposta é: Não! As plantas não conseguem absorver o nitrogênio atmosférico. O próprio texto da questão do ENEM já informava isso para o aluno, veja:

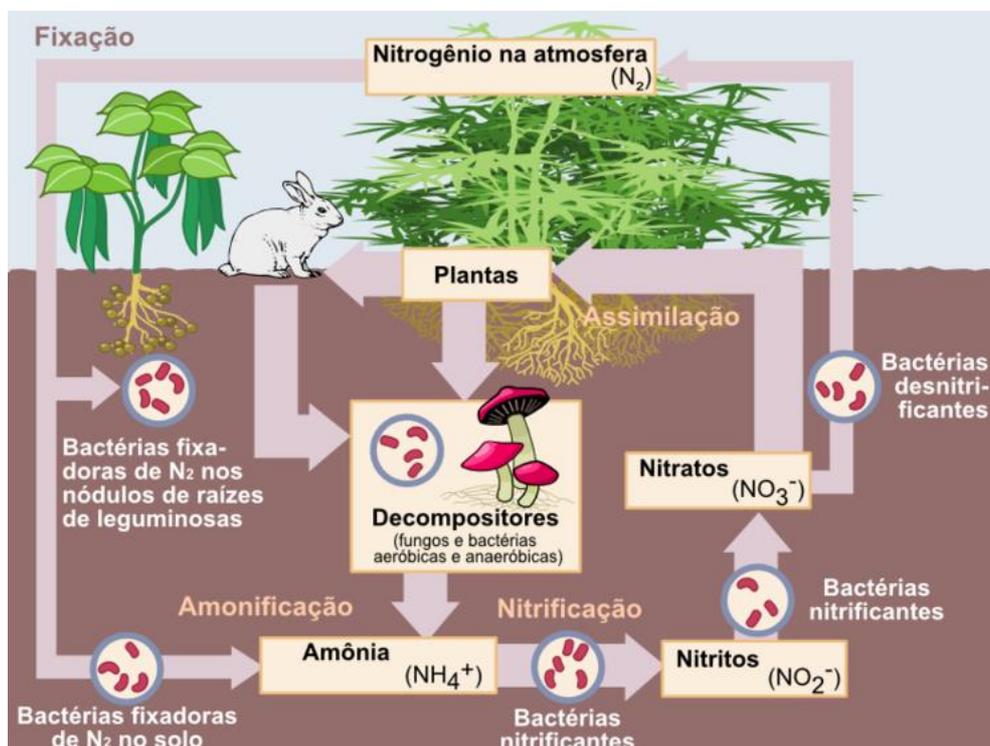




“se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.”



A forma simples, a qual se refere o texto, corresponde ao N_2 , ao passo que a forma combinada corresponde ao nitrogênio ligados a outros elementos [ex: NO_3^- (nitrato), NH_4^+]. Então, **de onde vêm o nitrogênio utilizados pelas plantas?** A resposta está no ciclo do nitrogênio ou ciclo do azoto, ilustrado na figura esquemática abaixo. O processo de incorporação do nitrogênio atmosférico ao solo se chama **FIXAÇÃO** e é realizado por bactérias fixadoras, muitas delas associadas às raízes de plantas leguminosas (ex: feijão), que transformam a forma gasosa do nitrogênio em amônio (NH_4^+). Outra forma de abastecer o solo com nitrogênio ligado é pela decomposição de restos de vegetais e animais mortos. Essa decomposição é realizada por fungos e bactérias que transformam o nitrogênio orgânico (ex: proteínas) em amônio (NH_4^+). Na sequência, o NH_4^+ é transformado em nitrito (NO_2^-), que por sua vez, é oxidado a **nitrato (NO_3^-), que é a forma absorvível pelas plantas**. Parte do nitrato é perdido de volta para atmosfera na forma de N_2 pelo processo de desnitrificação, fechando o ciclo.



Ciclo do nitrogênio ou ciclo do azoto⁶

Não entrarei no mérito da síntese de proteínas pelas plantas, pois envolve a função e atuação do DNA e RNA, que é assunto para nosso ilustre professor de Biologia. Conforme

⁶ Fonte: ciclo do nitrogênio. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_do_nitrog%C3%AAnio. Acessado em 22 nov. 2018.



discutimos e também foi ilustrado acima, o ciclo do azoto é dinâmico, pois o estoque (quantidade) de nitrogênio no solo é diminuído e reabastecido continuamente. Do mesmo modo acontece com o carbono.

Após toda essa explanação sobre o ciclo do nitrogênio, é coerente pensar que se, após a colheita, a produção agrícola (vegetais) for levada para regiões distantes do solo em que o vegetal se desenvolveu, então será provocado um desequilíbrio dos estoques, sobretudo de **nitrogênio**, que é o **elemento que mais influencia no desenvolvimento das plantas**. Isso porque o nitrogênio incorporado na planta, a qual será consumida por animais e humanos, não voltará diretamente para o solo de origem, interrompendo ou prejudicando o ciclo de nitrogênio.

Veremos, logo mais, que foi abordado exatamente esse ponto em uma das questões do ENEM. Nesses casos, a deficiência de nitrogênio do solo deverá ser suprida pela utilização de fertilizantes como acontece hoje. O consumo e, conseguinte, a produção de fertilizantes desencadeiam outra atividade problemática do ponto de vista ambiental, a mineração.

Acidez do solo

Da nossa discussão até aqui, percebemos que vários são os parâmetros de fertilidade do solo, a exemplo das concentrações dos elementos essenciais para as plantas como nitrogênio, cálcio e ferro. Quero destacar aqui um importante parâmetro de fertilidade de solo:

Acidez do solo, que, em geral, é estimada pela medição do pH (potencial hidrogeniônico) do solo.



Cabe aqui abrimos um parêntese para revisarmos o que é o pH.

O **pH** corresponde a uma medida logarítmica da concentração em meio aquoso do cátion H^+ . Mais especificamente, o pH é o logaritmo negativo da concentração de H^+ , como segue:

$$pH = -\log[H^+]$$

Note que o sinal negativo estabelece relação inversamente proporcional entre pH e concentração de H^+ , $[H^+]$. Isto significa que uma solução aquosa (água + solutos) será mais ácida quanto menor for o pH (maior $[H^+]$). O pH é normalmente apresentado em uma escala de 0 a 14, sendo que valores abaixo de 7 são considerados ácidos; valores acima, básicos ou alcalinos; e pH = 7 corresponde a neutralidade. Em se tratando de solos, valores de pH abaixo de 5,0 já são considerados como solos de acidez MUITO FORTE, conforme escala apresentada abaixo.





Escala de pH responsável por determinar a acidez do solo⁷

E você pode me perguntar: Diego, por que concentrações elevadas de H^+ é sinônimo de maior acidez? Para responder a essa questão, podemos utilizar a definição de ácido e base de Arrhenius, você se lembra?

Segundo Arrhenius: **ácido** é toda substância que em água produz íons H^+ (íon hidrogênio ou hidrônio) e **base** é toda aquela que em água produz OH^- (íon hidróxido).

Exemplos de ácidos e bases de Arrhenius em meio aquoso:



A própria definição de Arrhenius responde ao seu questionamento. Solos com maior $[H^+]$ devem conter um maior número de espécies ácidas em solução e, por isso, apresentam maior acidez.

Qual o pH ideal do solo para o plantio? Em geral, as diferentes culturas (plantações) se desenvolvem bem em pH próximo à neutralidade, **entre 6,0 e 7,0**.

Infelizmente quase todos os solos brasileiros são ácidos e, por isso, é necessário a **correção do seu pH por meio da aplicação de calcário** (composto essencialmente de $CaCO_3$), cujo pH está entre 6,0 e 6,2. Além de corrigir o pH do solo, o calcário também

⁷ Fonte: Mitos e verdades: acidez do solo descomplicada. Disponível em: <http://inceres.com.br/acidez-do-solo-descomplicada/>. Acessado em 22 nov. 2018.

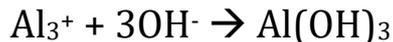
fornece cálcio e magnésio, que são elementos essenciais para a planta. A adição de calcário também é conhecida como **calagem do solo**.

A **lixiviação** é um problema ambiental que se relaciona, de certa forma, com a acidez do solo. No processo de lixiviação do solo, decorrente do seu mau uso (ex: desmatamento, queimadas, pastagem), os minerais, que ficam mais expostos à ação da chuva, são dissolvidos pela água e carregados para as camadas mais profundas do solo, tornando-o infértil para o plantio. Em geral, pH mais ácido aumenta a solubilidade dos minerais em água, o que torna solos ácidos mais susceptíveis à lixiviação. O alumínio e o manganês são pouco solúveis e, por isso, resistem à lixiviação. Nesse sentido, em solos ácidos, é comum encontrarmos concentrações elevadas desses dois elementos.

Para piorar a situação dos solos ácidos, sabe-se que

O alumínio é tóxico para as plantas, reduzindo o crescimento de sua raiz, o que impede que a planta obtenha água e nutrientes de regiões mais profundas do solo. Isto significa que altas concentrações de alumínio impactam negativamente na produtividade agrícola.

Você se lembra que pH ácido torna os nutrientes mais solúveis? Pois é, a recíproca é verdadeira: pH mais básico (menor concentração de H^+ ou maior concentração de OH^-) torna os nutrientes mais insolúveis e o mesmo acontece com o alumínio. Note, pela reação abaixo, que forma-se hidróxido de alumínio (composto extremamente insolúvel) em pH mais básico ou alcalino.



Acontece que, quanto mais insolúvel se encontra um elemento, mais ele estará indisponível para as plantas, já que as formas mais absorvíveis são as iônicas, que são formadas na solubilização dos compostos em água. De tudo isso, concluímos que a aplicação de calcário no solo (calagem) traz diversas vantagens, entre as quais destacam-se:

- Torna o alumínio menos solúvel e, conseqüentemente, menos disponível para as plantas, diminuindo sua toxicidade;
- É fonte de cálcio e magnésio, elementos essenciais para desenvolvimento das plantas;
- Ajusta o pH do solo para valores próximos à neutralidade, em que a produtividade agrícola é mais elevada; e
- Diminui a lixiviação dos minerais do solo.

Pessoal, há vários outros aspectos ambientais que poderíamos trabalhar, mas vamos deixá-los para nossa aula específica sobre as relações da química com o meio ambiente. Agora, vamos à resolução das questões do ENEM, nas quais foram abordados assuntos correlatos ao que foi discutido até aqui.





5.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÕES: DESEQUILÍBRIO NO SOLO, CALAGEM E TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA

5. (ENEM - 2018) O alemão Fritz Haber recebeu o Prêmio Nobel de química de 1918 pelo desenvolvimento de um processo viável para síntese da amônia (NH_3). Em seu discurso de premiação, Haber justificou a importância do feito dizendo que:

"Desde a metade do século passado, tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.

Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.

Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. [...] A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.

Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seríssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída."

HABER, F. The Synthesis of Ammonia from its Elements.

Disponível em: www.nobelprize.org. Acesso em: 13 jul. 2013 (adaptado).

De acordo com os argumentos de Haber, qual fenômeno teria provocado o desequilíbrio no "balanço do nitrogênio ligado"?

- A) O esgotamento das reservas de salitre no Chile.
- B) O aumento da exploração de carvão vegetal e carvão mineral.
- C) A redução da fertilidade do solo nas economias agrícolas.
- D) A intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades.
- E) A necessidade das plantas de absorverem sais de nitrogênio disponíveis no solo.

Comentários: a interpretação do enunciado das questões do ENEM é uma etapa primordial, pois várias informações importantes são nele fornecidas. Por exemplo, discutimos na parte teórica que o nitrogênio é o nutriente que mais influencia no desenvolvimento da planta. A mesma informação foi fornecida no enunciado em "*suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos*". No texto, é lembrado ainda que as plantas não





conseguem absorver o nitrogênio atmosférico (N_2) e que, por isso, é necessário o fornecimento de nitrogênio ligado [a outros elementos], a exemplo de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+).

A questão aborda ainda que economias agrícolas, em geral, mantêm o balanço do nitrogênio ligado. Nesse ponto, o candidato deveria lembrar do ciclo do nitrogênio ou ciclo do azoto, no qual o estoque (quantidade) de nitrogênio no solo é diminuído e reabastecido continuamente. O nitrogênio fixado no solo por bactérias é utilizado para o crescimento das plantas, as quais serão consumidas por animais. Isto quer dizer que, em um sistema em equilíbrio, o nitrogênio segue na cadeia alimentar, mas, em algum momento, retorna ao solo de origem por meio da defecação ou da morte de animais e humanos.

O autor aponta que “com o advento da era industrial, os produtos do solo [plantas, grãos, etc] são levados de onde cresce a colheita [do campo] para lugares distantes [para as cidades], onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado [desequilíbrio do ciclo do nitrogênio]”. Fiz pequenas inserções, subtendidas na abordagem do autor, e destaques no texto para que fique claro que a responsável pelo desequilíbrio é a intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades (letra D).

Resposta: letra D

6. (ENEM - 2018) O manejo adequado do solo possibilita a manutenção de sua fertilidade à medida que as trocas de nutrientes entre matéria orgânica, água, solo e o ar são mantidas para garantir a produção. Algumas espécies iônicas de alumínio são tóxicas, não só para a planta, mas para muitos organismos como as bactérias responsáveis pelas transformações no ciclo do nitrogênio. O alumínio danifica as membranas das células das raízes e restringe a expansão de suas paredes, com isso, a planta não cresce adequadamente. Para promover benefícios para a produção agrícola, é recomendada a remediação do solo utilizando calcário ($CaCO_3$).

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.**

Porto Alegre: Bookman, 2013 (adaptado).

Essa remediação promove no solo o(a)

- A) diminuição do pH, deixando-o fértil.
- B) solubilização do alumínio, ocorrendo sua lixiviação pela chuva.
- C) interação do íon cálcio com o íon alumínio, produzindo uma liga metálica.
- D) reação do carbonato de cálcio com os íons alumínio, formando alumínio metálico.
- E) aumento da sua alcalinidade, tornando os íons alumínio menos disponíveis.

Comentários: embora tenhamos discutido a toxicidade do alumínio para as plantas, o próprio enunciado já trazia essa informação para o leitor. Além disso, foi informado que os prejuízos das altas concentrações de alumínio podem ser remediados pela aplicação de calcário ($CaCO_3$), processo denominado calagem do solo. O candidato precisava conhecer o princípio dessa remediação.

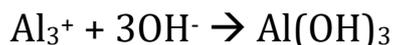
De início, vale lembrar que a calagem é muito utilizada em solos ácidos, pois $CaCO_3$ é capaz de elevar o pH do solo para valores próximo à neutralidade (entre 6,0 e 6,2), faixa que propicia uma maior produtividade agrícola. Apenas com essa informação, já era possível encontrar a alternativa correta, pois a letra E é a única alternativa que menciona a elevação do





pH (= aumento da alcalinidade). No entanto, vale analisar a segunda parte da alternativa que afirma que, em pH mais elevado, o alumínio estará menos disponível [para as plantas].

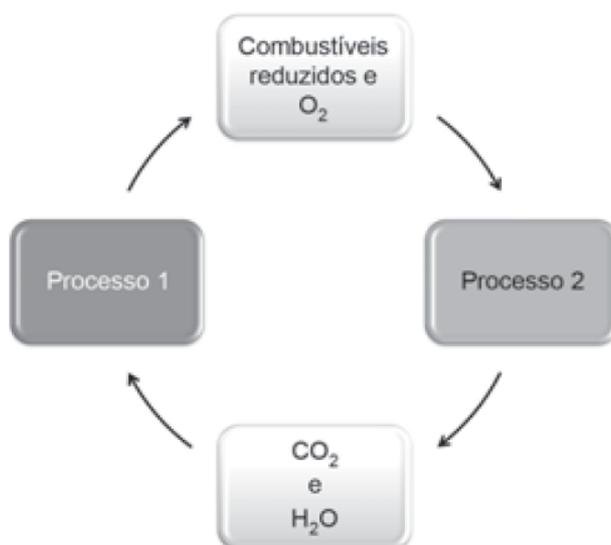
Com o aumento do pH, temos a diminuição da concentração de H^+ (espécie ácida) e o aumento (OH^-). Vimos que na presença de OH^- , forma-se hidróxido de alumínio (composto extremamente insolúvel).



Quanto mais insolúvel se encontra um elemento, mais ele estará indisponível para as plantas, já que as formas mais absorvíveis são as iônicas, formadas na solubilização dos compostos em água. Desta forma, a calagem consegue diminuir a disponibilidade do alumínio e, conseqüentemente, reduzir seus efeitos tóxicos às plantas.

Resposta: letra E

7. (ENEM - 2018) As células e os organismos precisam realizar trabalho para permanecerem vivos e se reproduzirem. A energia metabólica necessária para a realização desse trabalho é oriunda da oxidação de combustíveis, gerados no ciclo do carbono, por meio de processos capazes de interconverter diferentes formas da energia.



NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger**: princípios de bioquímica.
São Paulo: Sarvier, 2002 (adaptado).

Nesse ciclo, a formação de combustíveis está vinculada à conversão de energia

- A) térmica em cinética.
- B) química em térmica.
- C) eletroquímica em calor.
- D) cinética em eletromagnética.
- E) eletromagnética em química.

Comentários: conforme discutimos, em organismos vivos, moléculas complexas como carboidratos, que contêm energia química em suas ligações, são “quebradas” (oxidadas) e sua energia é liberada para as células realizarem suas reações metabólicas. Essa mesma informação foi



fornecida pelo enunciado em “A energia metabólica necessária para a realização desse trabalho é oriunda da oxidação de combustíveis, gerados no ciclo do carbono”. Como se vê, os carboidratos funcionam como os combustíveis das células e nelas eles são oxidados.

No entanto, o enunciado pergunta a conversão de energia de formação dos combustíveis no processo 1. Ou seja, processo pelo qual utiliza-se gás carbônico e água para a formação de combustível, que, nesse caso, será o carboidrato. Vimos que esse processo pode ser realizado por plantas, algas e algumas bactérias e é chamado fotossíntese, como o nome já diz, é a síntese a partir da luz [foto]. Segue abaixo a reação de formação da glicose pela fotossíntese:



Perceba que é utilizada a energia oriunda da luz solar para formação do combustível. Lembre-se que a luz pode ser entendida como uma radiação eletromagnética e, por isso, na fotossíntese temos a transformação da energia eletromagnética (luz solar) em energia química (energia armazenada nas moléculas do combustível, que, nesse caso, é o carboidrato).

Resposta: letra E

6- APROVEITAMENTO COMERCIAL DO PETRÓLEO

6.1- REFINO DO PETRÓLEO

Um tema bastante presente em nosso cotidiano são os combustíveis. Quase diariamente ouvimos notícias sobre a variação do preço da gasolina, do óleo diesel ou do gás de cozinha. Embora já se tenha uma participação expressiva de combustíveis renováveis, a exemplo do álcool e do biodiesel, a maior parte do combustível ainda é oriundo do petróleo. Devido a sua importância comercial e à sua contemporaneidade, a exploração comercial e o refino do petróleo são temas frequentemente presentes em provas de química.

Mas afinal, o que é o petróleo?



Petróleo: mistura de alta complexidade, composta principalmente por hidrocarbonetos diversos (compostos formados por carbono e hidrogênio) de cadeia aberta (alifáticos), de cadeia cíclicas (alícíclicas) não aromáticas e de cadeias aromáticas. Estão presentes, em menor quantidade, outros elementos como nitrogênio, oxigênio, enxofre e metais. O petróleo é um tipo de combustível fóssil, assim como o carvão mineral e o gás natural, e é formado por processos lentos de decomposição de organismos soterrados que se encontram em condições favoráveis de temperatura e pressão. Por fim, vale lembrar que o petróleo é um tipo de combustível não renovável.



www.opetroleo.com.br (2018)

Até por ser essa mistura complexa, na qual está presente vários contaminantes e impurezas (ex: areia, argila, fragmentos de rocha e água salgada), o petróleo cru (petróleo bruto) não pode ser utilizado diretamente. Por isso, o petróleo bruto precisa passar por uma sequência de processos mecânicos e químicos chamado **refino do petróleo**, os quais ocorrem, como o próprio nome sugere, nas **refinarias de petróleo**. Vamos abordar aqui objetivamente cada uma dessas etapas.



www1.folha.uol.com.br (2018)

Refinaria de Mangueiras, cidade do Rio de Janeiro, com destaque para os reservatórios e torres de destilação



Decantação: separação de diferentes componentes de uma mistura por meio da diferença de suas densidades, mantendo a mistura em um certo repouso. Os materiais mais densos (“pesados”) tendem a migrar para o fundo (depositarem), enquanto os mais leves ficam na parte superior. Após a decantação, a parte superior pode ser separada por sifonação. **No caso do petróleo, a decantação promove a separação da água salgada que vem misturada ao petróleo bruto. A água, por ser mais densa, fica no fundo e o petróleo migra para parte superior.**

Filtração: remoção de materiais sólidos presentes em uma mistura por meio de sua passagem através de um filtro ou membrana. **A filtração é responsável por remover fragmentos de rocha, areia e argila do petróleo cru.**

Destilação fracionada: método de separação de diferentes componentes de uma mistura homogênea formada por líquidos com diferentes pontos de ebulição. No caso da torre de destilação de petróleo, há vários pratos (níveis internos da torre) com diferentes temperaturas, que decrescem nos pratos de baixo para cima. Isto é, os pratos mais baixos apresentam temperatura mais elevada, enquanto que os pratos superiores apresentam temperatura mais baixa. Para entendermos melhor o processo de destilação fracionada, observemos a figura abaixo. A primeira etapa da destilação consiste no aquecimento do petróleo em uma fornalha. Nesta etapa, os componentes do petróleo tendem a passar do estado líquido para o gasoso. Apenas as frações (componentes da mistura) mais pesadas (menos voláteis), isto é, de alto peso molecular, não são evaporadas e saem logo no primeiro prato (de alta temperatura). Os componentes mais leves (mais voláteis), isto é, com pontos de ebulição mais baixos, evaporam e sobem a torre até encontrar um prato de temperatura mais baixa que seu ponto de ebulição. Quando isso ocorre, a fração passa do estado gasoso para o líquido, sendo então coletado. As demais frações que ainda permanecem no estado gasoso passam para o próximo prato até encontrar uma temperatura menor que de seu ponto de ebulição. Desse modo, cada uma das frações se liquefaz em um dos pratos, sendo coletadas separadamente.

Destaca-se que **o petróleo é uma coleção muito diversificada de hidrocarbonetos, não sendo possível (ou seria absurdamente oneroso) separar individualmente cada um de seus hidrocarbonetos. Desta forma, na destilação fracionada do petróleo, são separadas frações de hidrocarbonetos (conjunto de hidrocarbonetos com pontos de ebulição próximos) do petróleo. Como se vê na figura abaixo, quanto menor o número de carbonos, mais volátil será a fração e, por isso, mais alto será o prato de destilação alcançado.**



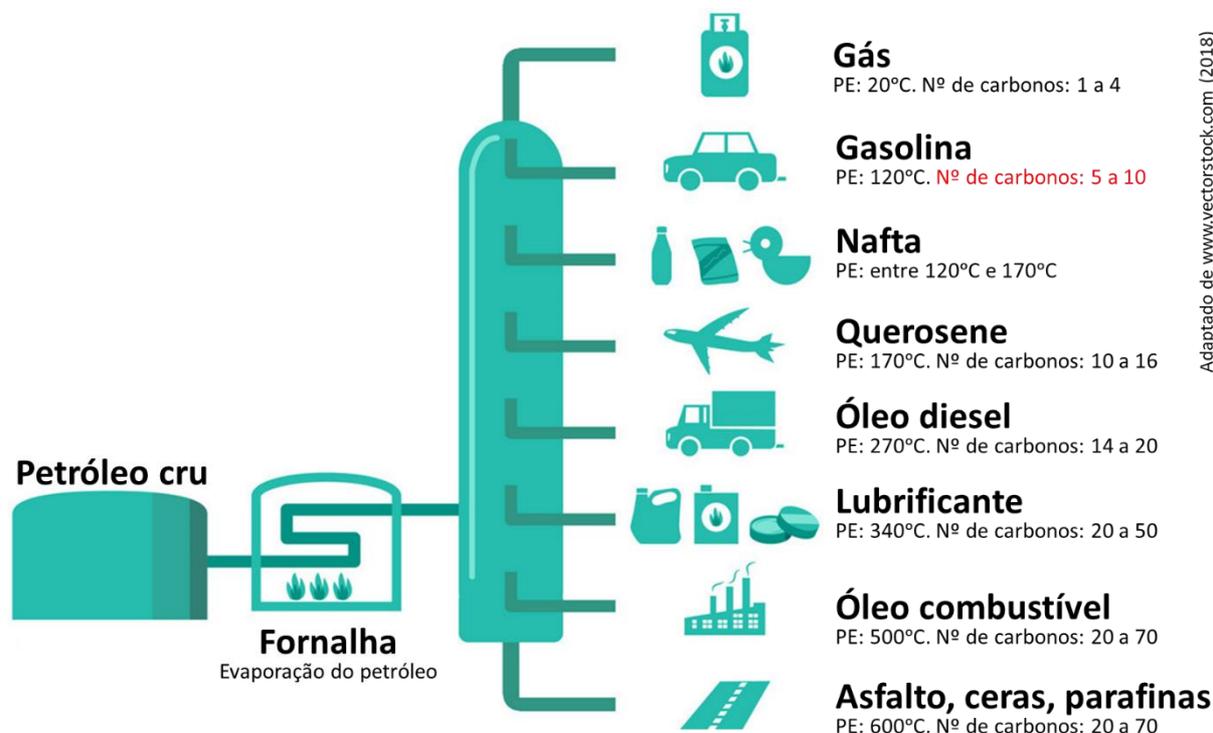
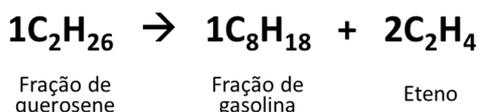


Ilustração da destilação fracionada do petróleo. Destaque para a separação de seus diferentes componentes baseados nos diferentes pontos de ebulição (PE), os quais, por sua vez, estão relacionados à quantidade de carbonos

Destilação a vácuo: como se vê na figura acima, diversas frações (asfalto, ceras e parafinas) não são separadas e saem pelo fundo da coluna de destilação. Isso porque apresentam altíssimos pontos de ebulição e, por isso, não são evaporados pela fornalha. Por isso, essas frações são levadas a uma outra torre de destilação fracionada, semelhante à mostrada na figura acima, com a diferença na sua pressão interna. Nessa etapa, utiliza-se pressões abaixo da atmosférica (“vácuo”) o que facilita a evaporação dos constituintes mais pesados do petróleo a temperaturas inferiores, já que a redução da pressão exercida na mistura reduz o ponto de ebulição dos seus constituintes. Desta forma, é possível separar mesmo as frações mais pesadas como parafinas, ceras, asfalto e piche.

Craqueamento térmico e craqueamento catalítico: a palavra se origina do verbo inglês “to crack”, que traduzido significa quebrar. Esses processos permitem quebrar hidrocarbonetos maiores (maior número de carbono) em hidrocarbonetos menores. Isso é extremamente interessante, pois frações mais leves (menor número de carbonos) como a GASOLINA (5 a 10 carbonos), que são mais comercializáveis, podem ser obtidas a partir da quebra de hidrocarbonetos maiores. Na reação abaixo, por exemplo, temos a transformação do querosene em gasolina.





A diferença básica entre processo térmico e o catalítico é que se aplica altas temperaturas e pressões no **craqueamento térmico**, enquanto que, no **craqueamento catalítico**, utiliza-se catalisadores que, por reduzir a energia de ativação da reação, permite que a quebra das moléculas ocorra em temperaturas inferiores.

Pessoal, ainda poderíamos falar sobre o processo químico chamado **reforma catalítica**, também utilizado no refino do petróleo. Entretanto, vamos deixar esse tópico e outros detalhes para nossa aula em que falaremos sobre “energias químicas no cotidiano”. Beleza?! Acredito que, por ora, adquirimos bagagem mais que suficiente para respondermos com propriedade a questão do ENEM 2018 sobre o assunto. Vamos lá?!

6.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: REFINO DO PETRÓLEO

8. (ENEM - 2018) O petróleo é uma fonte de energia de baixo custo e de larga utilização como matéria-prima para uma grande variedade de produtos. É um óleo formado de várias substâncias de origem orgânica, em sua maioria hidrocarbonetos de diferentes massas molares. São utilizadas técnicas de separação para obtenção dos componentes comercializáveis do petróleo. Além disso, para aumentar a quantidade de frações comercializáveis, otimizando o produto de origem fóssil, utiliza-se o processo de craqueamento.

O que ocorre nesse processo?

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

Comentários: como se vê, o enunciado faz um resumo de toda nossa abordagem teórica sobre o assunto. Para responder à questão, o candidato deveria conhecer as principais etapas do refino do petróleo, sobretudo o craqueamento. Como a questão aborda diferentes etapas do refino do petróleo, convém analisar cada alternativa, como segue:

Letra A: correta. Conforme estudamos, o craqueamento (catalítico ou térmico) permite quebrar hidrocarbonetos maiores (maior número de carbono) em hidrocarbonetos menores. Isso é extremamente interessante, pois frações mais leves (menor número de carbonos) como a GASOLINA (5 a 10 carbonos), que são mais comercializáveis, podem ser obtidas a partir da quebra de hidrocarbonetos maiores.

Letra B: incorreta. Reações de óxido-redução não são notáveis no processo de refino do petróleo, nem tão pouco corresponde ao craqueamento.





Letra D: incorreta. A alternativa descreve a extração por solventes diversos, que não é uma etapa do refino de petróleo.

Letra D: incorreta. No caso do petróleo, a decantação promove a separação da água salgada que vem misturada ao petróleo bruto. A água, por ser mais densa, fica no fundo e o petróleo migra para parte superior. Entretanto, a decantação é um processo físico, enquanto o craqueamento é um processo químico, ou seja, são diferentes.

Letra E: incorreta. A etapa descrita nessa alternativa corresponde a destilação fracionada do petróleo.

Resposta: letra A

7. TERMOQUÍMICA

7.1- ENTALPIA DE COMBUSTÃO

A **termoquímica** é um assunto sempre presente nas provas do ENEM. Ela consiste no estudo das **trocadas de calor** envolvidas em reações ou químicas ou mudança de estado (sólido, líquido ou gasoso) das substâncias.

Grande parte da compreensão da termoquímica depende de uma correta noção de calor. No entanto, antes de lhe explicar o que é o calor, precisamos revisar de três conceitos importantes: sistema, vizinhança e energia interna.



Sistema: é a parte do mundo em que estamos interessados. Pode ser, por exemplo, o béquer⁸ em que ocorre uma reação ou o cilindro em que está contido um gás comprimido.

Vizinhança: é tudo que não é o sistema, ou seja, o resto do mundo. É da vizinhança que podemos fazer observações sobre a transferência de energia. Por exemplo, se a vizinhança é aquecida durante uma reação química (o aumento de temperatura pode ser medido por termômetro) de combustão, então a energia está sendo transferida da reação (do sistema) para a vizinhança na forma de calor.

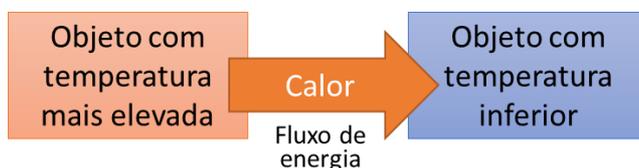
Energia interna: é a quantidade total de trabalho que um sistema pode realizar. Um gás comprimido possui uma elevada energia interna, pois pode empurrar um pistão (que é um tipo de trabalho), enquanto um gás não comprimido não possui tal capacidade, apresentando menor energia interna. Do mesmo modo, uma mola comprimida e uma bateria carregada

⁸ Béquer: um vidraria de laboratório utilizada como recipiente e que se assemelha a um copo



possuem maior energia interna, respectivamente, que uma mola não comprimida e uma bateria descarregada.

Temos agora a bagagem mínima para falarmos sobre calor. A nossa noção intuitiva de calor não está tão distante do conceito científico. Tendemos a pensar que calor é algo que esquenta, não é mesmo? Imaginemos um acidente, em que alguém deixou uma vela acesa no quarto, que caiu sobre a cama e incendiou o colchão. Podemos considerar o colchão como sendo nosso **sistema**, no qual ocorrerá a combustão do polímero presente em sua espuma, e o colchão alcançará altíssimas temperaturas devido à liberação da **energia interna** (nesse caso, energia química) contida nas moléculas em combustão. As paredes e o piso do quarto são a **vizinhança** e estarão em uma temperatura menor de início. Com o passar do tempo, o piso e as paredes (vizinhança) esquentarão (aumentarão sua temperatura) em decorrência da proximidade com a reação de combustão. Mas que propriedade é essa que permite que o incêndio em um objeto esquente a vizinhança (outros objetos)? É exatamente o **calor**, conforme apresentado na figura abaixo. Analise a definição de calor abaixo, seguida de mais um exemplo ilustrativo.



TOME NOTA!

Calor: é a transferência de energia devido a uma diferença de temperatura entre dois objetos ou entre o sistema e a vizinhança. Tomemos como exemplo um pedaço de gelo. Sua temperatura é inferior à da vizinhança e, por isso, há transferência de energia da vizinhança para o gelo na forma de calor. Ou seja, a vizinhança será resfriada, pois parte de sua energia será transferida para o gelo. Atualmente se utiliza *joules* para medir o calor, mas a unidade *caloria* também pode ser encontrada, desempenhando a mesma função. 1 cal corresponde a energia necessária para elevar, em 1 °C, 1 g de água pura. Caso necessário, utilize a relação abaixo para converter unidades.

$$1\text{cal} = 4,184\text{J}$$





Entalpia

Grande parte das mudanças termoquímicas ocorrem à pressão constante. Por exemplo, uma reação que ocorre em um béquer aberto está submetida a uma pressão constante (pressão atmosférica). Nesse sentido, foi definida uma nova **propriedade** do sistema chamada **entalpia (H)** que consiste em uma medida da energia interna a pressão constante. A entalpia é importante porque nos permite medir variações de energia envolvidas em reações que ocorrem a pressão constante, sendo muito útil na química.

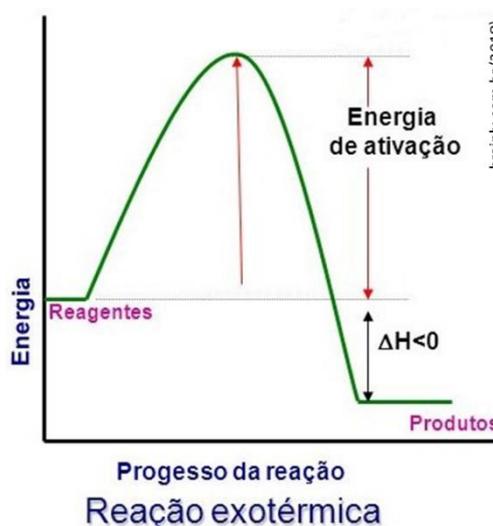
Mais importante que conceituar entalpia, é compreender que a variação de energia envolvida em uma reação pode ser medida pela variação de entalpia.

Varição de Entalpia (ΔH): é a variação de energia envolvida em uma reação que ocorre a pressão constante. Lembre-se de que qualquer variação (representado por Δ) será a diferença entre o ponto final e o ponto inicial ou de partida. Por isso, em uma reação

$$\Delta H = H(\text{produtos}) - H(\text{reagentes})$$

A partir da medição da variação de entalpia podemos classificar as reações em exotérmicas e endotérmicas:

Reação exotérmica: aquela em que $\Delta H < 0$. Quando realizamos a combustão da gasolina ou dissolvemos ácido sulfúrico em água, o meio reacional e as vizinhanças esquentam, ou seja, a reação **libera energia** (reação exotérmica) e, portanto, $\Delta H < 0$. Em uma reação exotérmica, **os produtos apresentam menor energia que os reagentes;** e



Reação endotérmica: aquela em que $\Delta H > 0$. Existem reações que absorvem energia, resfriando a vizinhança, denominadas reações endotérmicas, que apresentam $\Delta H > 0$. Em uma reação endotérmica, **os produtos apresentam maior energia que os reagentes.**



Veja que, mesmo em reações exotérmicas, é necessário que os reagentes elevem a sua energia a um patamar mínimo chamado ENERGIA DE ATIVAÇÃO para que a reação se inicie. Isso explica porque a gasolina (combustível) em contato com o oxigênio atmosférico (comburente) não pega fogo espontaneamente. Nesse caso, para o início da queima, seria necessário ascender um fósforo que será responsável por fornecer a ENERGIA DE ATIVAÇÃO que desencadeará a reação de combustão.

Reação de combustão



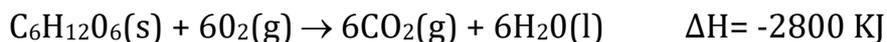
A combustão, que geralmente é exotérmica (libera energia, aquecendo a vizinhança), é um tipo de reação de oxidação, em que uma substância combustível é oxidada pela ação de um comburente, geralmente o oxigênio. A reação de oxidação completa de compostos orgânicos constituídos de carbono e hidrogênios pode ser generalizada da seguinte forma:



Note que a oxidação completa de um hidrocarboneto deve produzir somente água (H_2O) e gás carbônico (CO_2). Reações incompletas (queimas incompletas) produzem outros gases, a



exemplo do monóxido de carbono (CO). Perceba ainda que essa é uma reação que envolve liberação de energia ($\Delta H < 0$) e apresentará sinal negativo. Tomemos como exemplo a oxidação da glicose, apresentada na prova do ENEM:

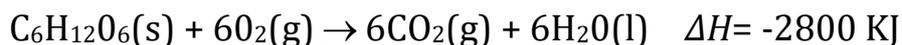


Pela reação acima, percebemos que a queima de 1 mol de glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) libera 2800 KJ de energia. Caso seja necessária uma maior quantidade de energia, podemos estabelecer uma regra de três e descobrir quantos mols ou quantos gramas de glicose necessitaria ser oxidada para a liberação da energia requerida, já que a quantidade de energia envolvida é diretamente proporcional à quantidade de matéria envolvida na reação.

Pessoal, temos muito mais assunto a ser discutido em termoquímica como entalpia associada a mudança de fase, entalpia de ligação, lei de Hess, espontaneidade de reações, calor sensível, calor latente, etc. Como nesta aula, nosso espaço é curto, deixaremos esses outros assuntos para serem trabalhados detalhadamente em nossa aula sobre termoquímica. Vamos agora à resolução das duas questões de termoquímicas do ENEM 2018.

7.2- RESOLUÇÃO DE QUESTÕES: TERMOQUÍMICA

9. (ENEM - 2018) Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.



Considere as massas molares (em g mol^{-1}): H = 1; C = 12; O = 16.

LIMA, L.M.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. **Química na saúde**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010 (adaptado).

Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de

- A) 6,2.
- B) 15,6.
- C) 70,0.
- D) 622,2.
- E) 1120,0.

Comentários: no enunciado é apresentada a reação de oxidação da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), cuja variação de entalpia (ΔH) apresentada é negativa, ou seja, ocorre liberação de energia (reação exotérmica), a qual é disponibilizada para atividade muscular.

Vale lembrar que, quando um coeficiente estequiométrico (números que são colocados na frente de cada reagente e de cada produto) da reação é omitido, então ele corresponde a 1.





Por isso, da análise da reação química, temos que a oxidação de 1 mol $C_6H_{12}O_6(s)$ libera 2800 KJ de energia.

$$1 \text{ mol de } C_6H_{12}O_6 \text{ _____ } 2800 \text{ KJ}$$

Entretanto, é perguntado no enunciado qual energia liberada pela oxidação de apenas 1 g de glicose ($C_6H_{12}O_6$). A melhor estratégia, nesse caso, é transformar 1 mol da substância acima em gramas. Para tanto, devemos calcular a massa molar (MM) da glicose, utilizando as massas atômicas (A) de cada átomo presente na molécula, como segue:

$$MM = 6 \times A(C) + 12 \times A(H) + 6 \times A(O)$$

$$MM = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180g.mol^{-1}$$

A partir da MM, podemos reescrever a relação acima como:

$$180g (= 1\text{mol}) \text{ de } C_6H_{12}O_6 \text{ _____ } 2800 \text{ KJ}$$

Podemos então estruturar a seguinte regra de três para encontrar a energia liberada na oxidação de apenas 1g de glicose:

$$\begin{array}{ccc} 180g (= 1\text{mol}) \text{ de } C_6H_{12}O_6 & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & 2800 \text{ KJ} \\ 1g \text{ de } C_6H_{12}O_6 & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & x \\ & & x = 15,55 \text{ kJ} \end{array}$$

Cuidado! Devemos ter muita atenção a esse tipo de enunciado para não cair em peguinhas. Uma das alternativas da questão condiz com esse valor encontrado. No entanto, o enunciado informa que apenas 40% da energia é disponibilizada para atividade muscular. Portanto, para encontrarmos a resposta correta devemos estruturar mais uma regra de três como segue:

$$\begin{array}{ccc} 15,55 \text{ kJ} & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & 100\% \text{ (energia produzida)} \\ x & \xrightarrow{\hspace{2cm}} & 40\% \text{ (energia disponibilizada)} \\ & & x = 6,22 \text{ kJ} \end{array}$$

Desta forma, embora a oxidação de 1 grama de glicose libere 15,55 kJ, apenas 6,22 KJ (alternativa A) é efetivamente aproveitado pelo músculo.

Resposta: letra A

10. (ENEM - 2018) O carro flex é uma realidade no Brasil. Estes veículos estão equipados com motor que tem a capacidade de funcionar com mais de um tipo de combustível. No entanto, as pessoas que têm esse tipo de veículo, na hora do abastecimento, têm sempre a dúvida: álcool ou gasolina? Para avaliar o consumo desses combustíveis, realizou-se um percurso com um veículo flex, consumindo 40 litros de gasolina e no percurso de volta utilizou-se etanol. Foi considerado o mesmo consumo de energia tanto no percurso de ida quanto no de volta.

O quadro resume alguns dados aproximados sobre esses combustíveis.

Combustível	Densidade (g mL ⁻¹)	Calor de combustão (kcal g ⁻¹)
Etanol	0,8	-6
Gasolina	0,7	-10

O volume de etanol combustível, em litro, consumido no percurso de volta é mais próximo de





- A) 27
- B) 32
- C) 37
- D) 58
- E) 67

Comentários: devido à interdisciplinaridade da prova do ENEM, esse exercício poderia ser discutido no âmbito da física, da matemática e também da química. Assim como a energia e entalpia liberadas, o calor também é proporcional à massa utilizada na combustão.

Embora o enunciado tenha informado o volume utilizado no trajeto de ida, 40 litros de gasolina, podemos transformar esse volume em massa por meio da fórmula da densidade apresentada abaixo:

$$d = \frac{m}{v}$$

em que d é a densidade, m é a massa e v , o volume. Aplicando os dados da gasolina na fórmula da densidade, temos (NOTA: já que a densidade está apresentada em g/ml, devemos transformar o volume 40 L para mL):

$$0,7\text{g.mL}^{-1} = \frac{m}{40.000\text{mL}}$$
$$m = 28.000\text{g}$$

A partir do calor de combustão da gasolina, temos que cada grama de gasolina comburida libera 6 Kcal de energia. Podemos, então, encontrar a quantidade de energia liberada pela 28.000 gramas de gasolina consumidas no trajeto de ida, por meio da seguinte regra de três:

1g de gasolina	-----	10Kcal
28.000g de gasolina	-----	x
	$x = 280.000 \text{ Kcal}$	

Segundo o enunciado, foi consumida a mesma energia no trajeto de volta, no qual foi utilizado álcool. No entanto, o calor de combustão é diferente do da gasolina. Por isso, podemos estruturar mais uma regra de três para encontrar a massa de álcool consumida na volta, como segue:

1 g de álcool	-----	6 KJ
x	-----	280.000 KJ
	$x = 46.666 \text{ g}$	

No entanto, é perguntado o volume aproximado de álcool. Por isso, devemos transformar a massa obtida na regra de três acima em volume pela fórmula da densidade:

$$d = \frac{m}{v}$$
$$0,8\text{g.mL}^{-1} = \frac{46.666\text{g}}{v}$$



$$v = 58.333 \text{ mL}$$

Portanto, foram consumidos 58.333 mL ou 58,3 L de álcool no percurso de volta.

Resposta: letra D

8- DETERGENTES, SABÕES E CADEIAS CARBÔNICAS

8.1- TENSOATIVOS – HIDROFILIA E HIDROFOBIA

Para falarmos de tensoativos, é muito importante revisarmos os conceitos de hidrofobia e hidrofília.

As substâncias que possuem afinidade por água, ou seja, são atraídas por água, são denominadas **hidrofílicas**. Já as substâncias que se repelem da água são **hidrofóbicas**.

Essa afinidade ou repulsão é explicada pela polaridade das moléculas. Moléculas com caráter mais polar e também compostos iônicos apresentam maior afinidade com água. Por outro lado, moléculas com caráter mais apolar são aquelas que repelem a água. Esse comportamento pode ser explicado pela regrinha “semelhantes dissolvem semelhantes”.

Existem substâncias chamadas de **tensoativos** que são hidrofílicas e hidrofóbicas ao mesmo tempo (comportamento chamado **anfifílico**), a exemplo dos sabões e dos detergentes. Isso os tornam capazes de conciliar, permitir uma mistura entre fases imiscíveis, a exemplo de gordura [impregnada em um prato de vidro] e água que não se misturam antes da adição de um detergente, por exemplo.



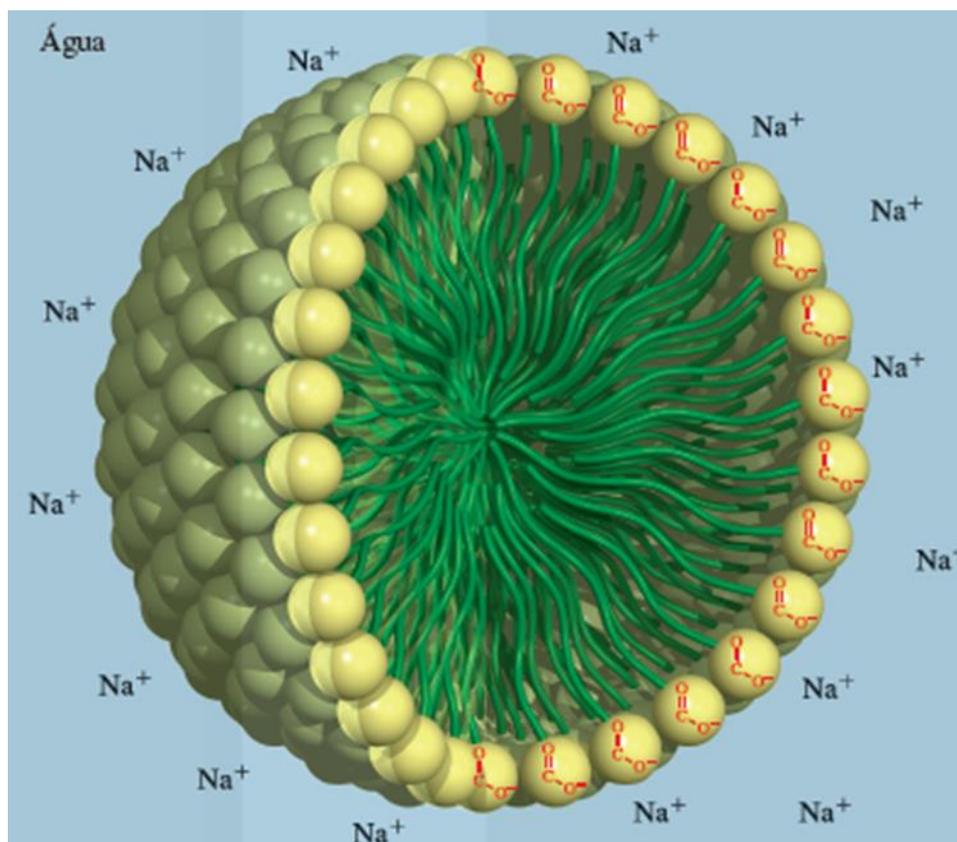
ESCLARECENDO

Os detergentes e sabões possuem tais características devido às suas estruturas químicas. Eles são formados por uma cadeia grande de hidrocarbonetos de caráter apolar, chamada **cauda**, e nas extremidades possui a função sais de potássio e de sódio de ácidos carboxílicos de caráter polar, chamado **cabeça**. A parte apolar, hidrofóbica, se liga à gordura (“sujeiras”) e a parte polar, hidrofílica, se liga à água, o que torna sabões e detergentes efetivos para limpeza de superfícies sujas por substâncias gordurosas e oleosas. Ou seja, os sabões e detergentes tendem a se dissolver simultaneamente em água e em gordura. Vejam a representação geral da estrutura de sabões abaixo.





As forças de atrações do sabão são forças de London e, graças a essas forças, as moléculas de sabão se agrupam formando *micelas*. Como se vê abaixo, as “cabeças polares” formam uma camada esférica que circunda um interior apolar.



Por fim, lembro que tensoativos podem ser:

- **Catiônicos:** ao dissociar (liberar íons em solução) em água, formam um íon orgânico (calda) com carga positiva (cátion orgânico);
- **Aniônicos:** ao dissociar (liberar íons em solução) em água, formam um íon orgânico (calda) com carga negativa (ânion orgânico);
- **Não iônico:** apesar de possuir afinidade com duas fases, não formam espécie orgânico carregado eletronicamente (íon orgânico); e
- **Anfótero:** pode formar cátion orgânico e ânion orgânico, a depender do pH da solução.

⁹ Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 902.

¹⁰ Vollhardt, P e Schore, N. Química Orgânica. 2013, 902.



8.2- CLASSIFICAÇÃO DE CADEIAS CARBÔNICAS

No mesmo exercício em que se abordava tensoativos, era exigido do candidato conhecimentos básicos sobre classificação de cadeias carbônicas. Portanto, vale uma rápida revisão sobre o assunto.



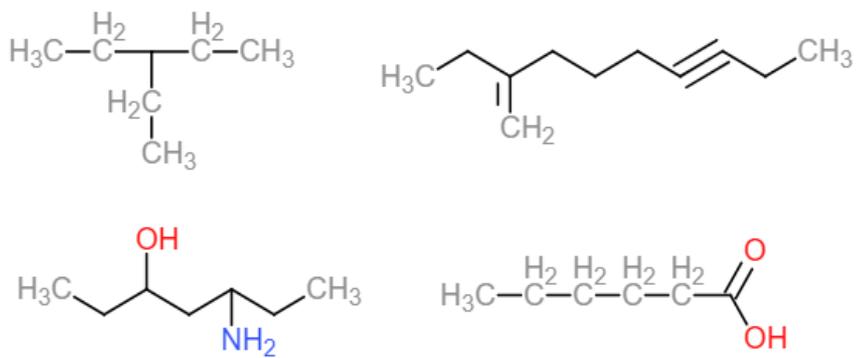
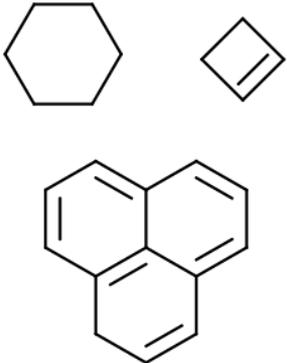
TOME NOTA!

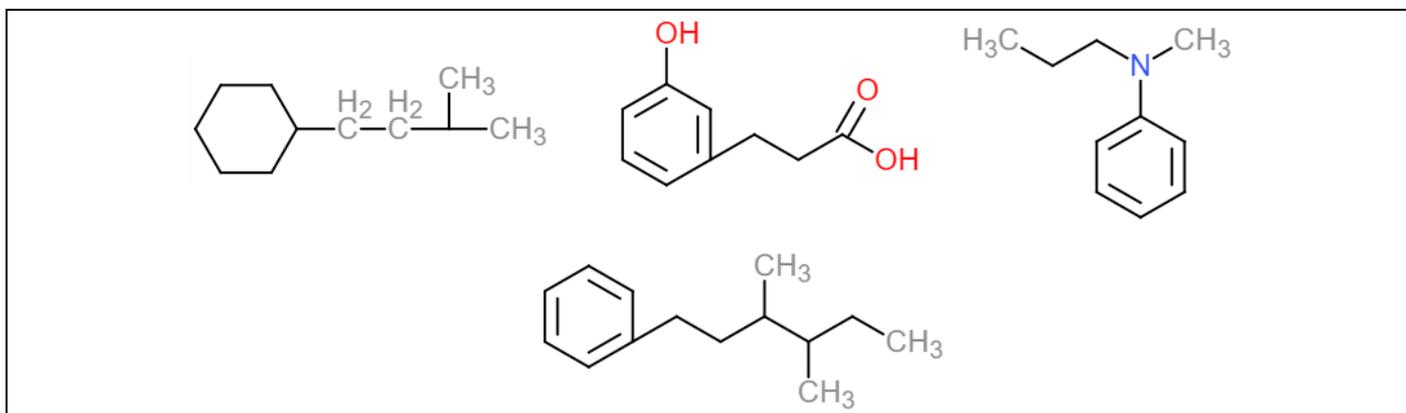
As cadeias carbônicas podem ser classificadas quanto a:

1. Fechamento da cadeia;
2. Disposição dos átomos;
3. Tipos de ligações; e
4. Presença de heteroátomos (átomos diferentes de carbono que se coloca entre carbonos, ex: (-C-O-C-)).

Vamos adotar aqui uma revisão visual (rápida) do assunto para cada tipo de classificação.

Quanto ao fechamento da cadeia, podem ser classificadas em:

Aberta, acíclica ou alifática. Exemplos:	Fechada ou cíclica. Exemplos:
	
Mista (partes abertas e partes fechadas). Exemplos:	



Quanto à disposição dos átomos, podem ser classificadas em:

Normal: possuem apenas duas extremidades. Exemplos:	Ramificada: possuem mais de duas extremidades. Exemplos:

Quanto aos tipos de ligação, podem ser classificadas em:

Saturada: possuem apenas ligações simples entre carbonos. Exemplos:	Insaturada: apresentam ligações duplas ou triplas entre carbonos. Exemplos:



Quanto à presença de heteroátomo, podem ser classificadas em:

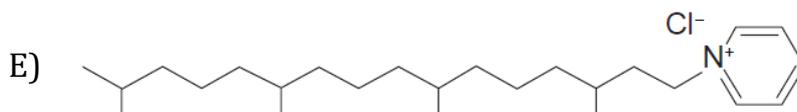
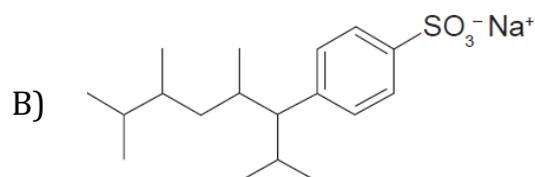
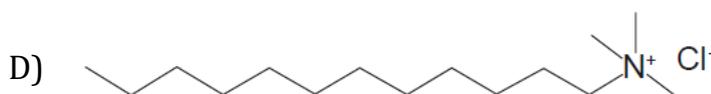
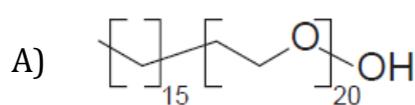
<p>Homogênea: não possui heteroátomo (átomo diferente de carbono que se posiciona entre carbonos). Exemplos:</p>	<p>Heterogênea: apresenta heteroátomo. Exemplos:</p>

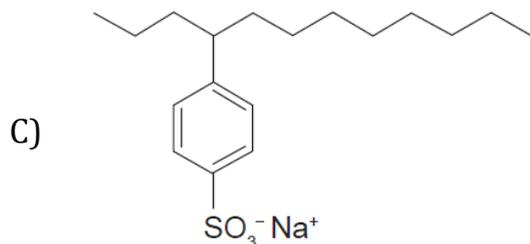
8.3- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: TENSOATIVOS

11. (ENEM - 2018) Tensoativos são compostos orgânicos que possuem comportamento anfílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica. O principal tensoativo aniônico sintético surgiu na década de 1940 e teve grande aceitação no mercado de detergentes em razão do melhor desempenho comparado ao do sabão. No entanto, o uso desse produto provocou grandes problemas ambientais, dentre eles a resistência à degradação biológica, por causa dos diversos carbonos terciários na cadeia que compõe a porção hidrofóbica desse tensoativo aniônico. As ramificações na cadeia dificultam sua degradação, levando à persistência no meio ambiente por longos períodos. Isso levou a sua substituição na maioria dos países por tensoativos biodegradáveis, ou seja, com cadeias alquílicas lineares.

PENTEADO, J. e. P.; EL SEOUD, O. A.; CARVALHO, L. R.F. [...]: uma abordagem ambiental e analítica. Química Nova, n. 5, 2006 (adaptado).

Qual a fórmula estrutural do tensoativo persistente no ambiente mencionado no texto?





Comentários: o enunciado do exercício inicia-se com uma breve explicação do comportamento de substâncias tensoativas. Na sequência, menciona o grande sucesso de um tensoativo utilizado no mercado de detergentes devido a sua superioridade relativa aos sabões, mas que casou sérios problemas ambientais. Nem você e nem eu temos obrigação de saber de cor e salteado qual a estrutura desse tensoativo tão famoso na década de 40. No entanto, o enunciado traz duas características, que nos permite identifica-lo entre as 5 alternativas apresentadas, são elas:

- **tensoativo aniônico;** e
- **ramificações na cadeia** [= diversos carbonos terciários (que se ligam a 3 carbonos) na cadeia que compõe a porção hidrofóbica].

Estudamos que tensoativos **aniônicos** são aqueles que, ao dissociar (liberar íons em solução) em água, formam um íon orgânico (calda) com carga negativa (ânion orgânico). Portanto, apenas letras B e D podem estar corretas por apresentarem em sua estrutura um ânion orgânico (carga negativa na parte orgânica).

Como distinguir a resposta correta entre alternativas B e D? Devemos analisar a segunda característica apresentada: cadeias ramificadas. Como se vê, apenas a cadeia carbônica do composto da letra B apresenta diversas ramificações.

Resposta: letra B

9- REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO E CATALISADORES

Embora reações de oxirredução e catalisadores sejam, respectivamente, assuntos da termoquímica e cinética, resolvi abordá-los conjuntamente porque são assuntos que se relacionam e, em alguns casos, podem ser cobrados conjuntamente em um único exercício como aconteceu no ENEM 2018.

9.1- ELETROQUÍMICA



<http://www.recicloteca.org.br> (2018)

Em eletroquímica, estudaremos as reações químicas que envolvem transferência de elétrons entre diferentes espécies, denominadas **reações oxirredução** ou **redox**. Esse fluxo de energia pode ser, do ponto de vista termodinâmico, espontâneo, em que a reação química produz uma corrente elétrica (movimento de elétrons através de um circuito ou solução iônica), ou seja, a energia química é transformada em energia elétrica. De outro modo, pode ser aplicada uma corrente elétrica para forçar a ocorrência de uma reação não espontânea, configurando um processo denominado de eletrólise, em que há a transformação da energia elétrica em energia química. Não se avexe! Estudaremos com calma cada um desses conceitos na nossa aula dedicada ao tema. Beleza?!



Antes de iniciar a leitura dessa aula, você talvez tenha dado uma espiadinha no WhatsApp, não foi? Pois é, naquele momento ocorreu uma reação espontânea na bateria do seu *smartphone*, que liberou energia por meio de passagem elétrica pelo circuito do aparelho. Essa energia foi utilizada para ascender o visor do seu aparelho e também processar os dados (informações) que você leu. Ocorreu, portanto, a transformação de energia química em energia elétrica. No final do dia, sua bateria já está quase totalmente descarregada, você pluga seu *smartphone* à rede elétrica por meio de um carregador e se inicia o caminho inverso, no qual se utiliza a energia elétrica para carregar a bateria, ou seja, produzir energia química. Pilhas e baterias são dispositivos muito presentes em nosso dia a dia, não é mesmo? Agora mesmo, enquanto digito, estou de olho no nível de bateria do meu notebook. Eu poderia discutir vários outros exemplos da eletroquímica no cotidiano, como o enferrujamento de peças metálicas e o processo de cromagem (obter peças cromadas), mas nosso espaço na aula de hoje é curto para tanto.



Conceitos iniciais da termoquímica

Tenha em mente que, em geral, os elétrons não ficam soltos por aí. Portanto, se uma espécie química sofre **oxidação** (perda de elétrons), aumentando seu **NOX** (número de oxidação), outra espécie naturalmente irá receber elétrons, reduzindo seu **NOX**, o que configura a **redução**. A espécie que reduz é responsável pela oxidação da outra e, por isso, recebe o nome de **agente oxidante**. De forma análoga, a espécie que oxida promove a redução de outra espécie, recebendo o nome de **agente redutor**.

Para aqueles que ainda possuem uma ou outra dúvida sobre os termos utilizados na discussão do parágrafo anterior, segue a conceituação desses termos separadamente.



NOX: é a carga elétrica de uma espécie atômica. Os átomos da forma em que são apresentados na tabela periódica são neutros, carga igual a ZERO, ou seja, número de prótons (carga +1) igual ao número de elétrons (carga -1). Ao realizar uma ligação iônica, o átomo perderá ou ganhará elétrons, a exemplo do $\text{NaCl}_{(s)}$ (cristal composto de íons Na^+ e Cl^-), em que o sódio perde 1 elétron, adquirindo NOX +1, e o cloro ganha 1 elétron e passa a apresentar NOX -1. Além disso, a carga elétrica pode ter caráter parcial (δ), o que acontece nas ligações covalentes, em que um átomo é mais eletronegativo que outro. Por exemplo, no composto CCl_4 , há quatro cloros (átomos mais eletronegativos) ligados ao carbono (menos eletronegativo) por ligações covalentes, aquelas em que há compartilhamento do par eletrônico da ligação. Cada cloro atrairá mais para o seu lado o par eletrônico da ligação covalente com o carbono. Isso acarretará carga parcial negativa para os átomos de cloro, NOX -1, e carga parcial positiva para o carbono, NOX +4, sendo +1 para cada uma de suas 4 ligações.

NOTA: podemos dizer ainda que o NOX tem relação com a capacidade de perder ou ganhar elétrons ou, em ligações covalente, com a capacidade de atrair para si ou se afastar dos elétrons ligantes. Essa capacidade deve ser entendida de modo relativo, ou seja, dependerá do outro átomo envolvido na ligação, seja ela covalente ou iônica.

Oxidação: perda de elétrons por um elemento. No exemplo abaixo, o átomo de bário, inicialmente na forma metálica, NOX 0, oxida a Ba^{2+} , NOX +2, perdendo dois elétrons. Essa reação recebe o nome de **semirreação de oxidação**. Em uma reação redox completa, a espécie química que oxida recebe o nome de **agente redutor**.

Semirreação de oxidação: $\text{Ba}(s) \rightarrow \text{Ba}^{2+}(s) + 2e^-$

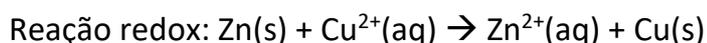
Redução: ganho de elétrons por um elemento. No exemplo abaixo, o íon férrico Fe^{3+} , NOX +3, reduz a Fe^{2+} , NOX +2, ganhando um elétron. Essa reação recebe o nome de **semirreação de**



redução. Em uma reação redox completa, a espécie química que reduz recebe o nome de **agente oxidante**.



Agente oxidante e agente redutor: conforme já antecipado, o elemento que reduz promoverá a oxidação de outro elemento e, por isso, receberá o nome de agente oxidante. Aquele que oxida será o agente redutor. Na reação abaixo, o Zn oxidou ao passar de NOX 0 para NOX +2 e, portanto, será o agente redutor. Por outro lado, o Cu faz o caminho inverso, sai de NOX +2 para NOX 0, atuando como agente oxidante.

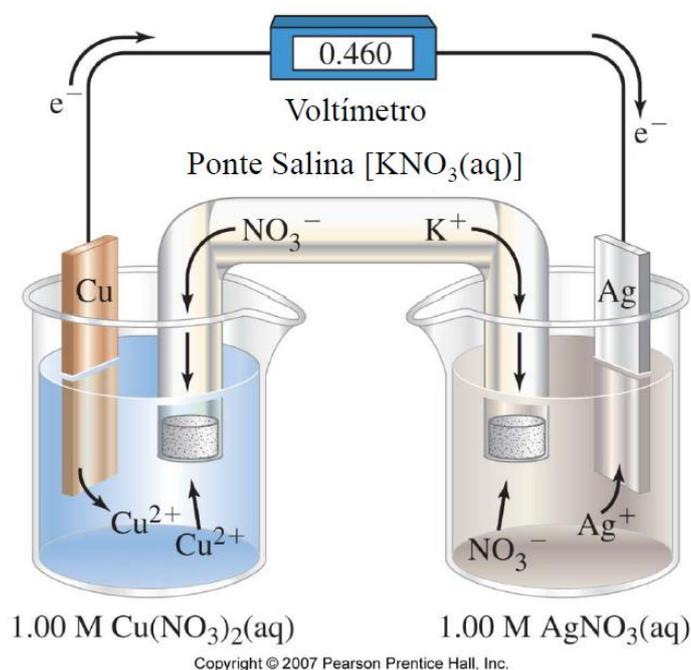


Células galvânicas

Célula galvânica é um tipo de célula eletroquímica projetada para gerar corrente elétrica a partir de uma reação química espontânea. Nela a energia química é transformada em energia elétrica.

Para não se confundir na hora da prova, saiba que os seguintes termos são sinônimos: **célula galvânica, pilha galvânica e pilha voltaica.**

Para entendermos melhor células eletroquímicas, observe a figura abaixo e relacione com os conceitos que se seguem.



Representação de uma célula galvânica¹¹

O desenho acima é um exemplo de pilha voltaica. As placas metálicas, uma de Cu e a outra de Ag, recebem o nome de **eletrodos**, os quais estão mergulhados em soluções salinas denominadas **eletrólitos**. Pelo fluxo de elétrons através do circuito elétrico, notamos que está ocorrendo uma reação redox, em que o Cu está oxidando (perdendo elétrons) e a Ag está reduzindo. A medida que átomos de Cu metálico (NOX 0), presentes no eletrodo (placa metálica), oxidam, eles vão passando para o meio aquoso na forma de Cu^{2+} . Do outro lado, a medida que o eletrodo de Ag recebe elétrons, cátions Ag^+ do eletrólito (solução presente no béquer) reduzem a forma metálica Ag, NOX 0, aderindo ao eletrodo. **Em uma célula galvânica, o eletrodo que reduz (recebe elétrons) é chamado cátodo, enquanto que o eletrodo que oxida (perde elétrons) é chamado ânodo.**



Um mnemônico que pode ajudá-lo a memorizar os detalhes da discussão acima é o

PIPOCAR: na **PI**lha, o polo **PO**sitivo é o **CÁ**todo e ele **RE**duz

Outro mnemônico útil é o **CRAO**:

Cátodo: **R**eduz

Ânodo: **O**xida

Uma outra pergunta ser respondida em questões de eletroquímica é: *em uma pilha, qual é a espécie química que sofrerá redução e qual sofrerá oxidação?*

A resposta está no **potencial padrão de redução (E^0)**, que é um indicativo da capacidade da espécie em puxar ou empurrar elétrons através de um circuito elétrico. Quanto maior o E^0 , maior a capacidade da espécie em puxar para si elétrons (reduzir). Sendo assim, estando duas espécies em contato, sofrerá redução a espécie que apresentar maior potencial de redução, E^0 . Por outro lado, a de menor E^0 sofrerá oxidação.

Já já vamos verificar como essa informação foi muito útil para resolução da questão do ENEM 2018 sobre o tema. Ainda no estudo da eletroquímica, precisamos compreender como podemos calcular o NOX de cada átomo de uma espécie química.

¹¹ Fonte: Eletroquímica. Disponível em: <http://www.iq.usp.br/fmvichi/html/Eletroquimica.pdf>. Acessado em 25 nov. 2018.





Encontrando o NOX de um átomo

Uma habilidade imprescindível para o seu bom desempenho em eletroquímica é saber determinar o NOX de cada espécie atômica em um composto ou molécula. Talvez você já esteja totalmente seguro dessa sua habilidade. Se esse for o caso, pule esta seção. Caso contrário, fique tranquilo, já vou lhe adiantar nesta aula como calcular o NOX. Acredite em mim, não é algo difícil.

De início, você precisa memorizar alguns NOXs principais que estão listados na tabela abaixo:

Tabela dos principais NOXs¹²

Elementos	Situação	NOX
Metais alcalinos, família 1A (Li, Na, K, Rb, e Cs) + Prata (Ag)	Em substâncias compostas	+1
Metais alcalino-terrosos, família 2A (Be, Mg, Ca, Sr e Ba) + Zinco (Zn)	Em substâncias compostas	+2
Alumínio (Al)	Em substâncias compostas	+3
Enxofre (S)	Em sulfetos (quando for o elemento mais eletronegativo)	-2
Halogênios, família 7A (F, Cl, Br e I)	Em halogenetos (quando for o elemento mais eletronegativo)	-1
Hidrogênio (H)	Ligado a ametais (mais eletronegativos que ele)	+1
	Ligado a metais (menos eletronegativos que ele)	-1
Oxigênio (O)	Maioria das substâncias compostas	-2
	Em peróxidos	-1
	Em superperóxidos	-0,5
	Em fluoretos	+1

A carga total de uma molécula ou um composto iônico é igual a ZERO. Portanto, a partir dos valores da tabela acima, podemos calcular o NOX dos demais átomos presentes, conforme demonstrado nos exemplos abaixo.

¹² Fonte: Número de Oxidação. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/numero-oxidacao-nox.htm>. Acesso em 27 de ago. 2018.





Ex. 1: Tomemos como exemplo o ácido carbônico (H_2CO_3). Qual é o NOX do carbono nesse composto?

Insira o NOX unitário >>	+1	x	-2
Quantidade de átomos >>	H₂	C	O₃
Produto entre linhas 1 e 2 >>	2.(+1)	x	3.(-2)

Considerando a somatória dos NOX igual a ZERO, temos:

$$2+x-6=0$$

$$x=4$$

Ex. 2: Qual é o NOX do N em HNO_3 ?

+1	x	-2
H	N	O₃
+1	x	3.(-2)

$$1+x-6=0$$

$$x=5$$

Ex. 3: Qual é o NOX do P em $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$?

x	-2
P₂	O₇
2x	7.(-2)

Nesse caso o NOX do ânion é -4, então:

$$2x-14=-4$$

$$x=10/2$$

$$x=5$$

Outras informações úteis na determinação de NOX:

- **Substâncias simples** (aquelas formadas por um único tipo de átomo) **sempre apresentam NOX = 0**. Exemplos: N_2 , H_2 , O_2 , Zn, Cu, etc.
- **Íons atômicos apresentam NOX igual à sua carga**. Exemplos: K^+ (NOX +1), Cl^- (NOX -1), Fe^{3+} (NOX +3).

Ufa! Para uma aula demonstrativa, já falamos muito sobre eletroquímica. Mais que suficiente para resolvermos as questões do ENEM 2018 sobre esse ramo da química. Vamos agora falar rapidamente sobre os fatores que influenciam na velocidade das reações, assunto da cinética, antes de resolvermos as questões.





9.2- CINÉTICA: FATORES QUE INFLUENCIAM A VELOCIDADE DAS REAÇÕES

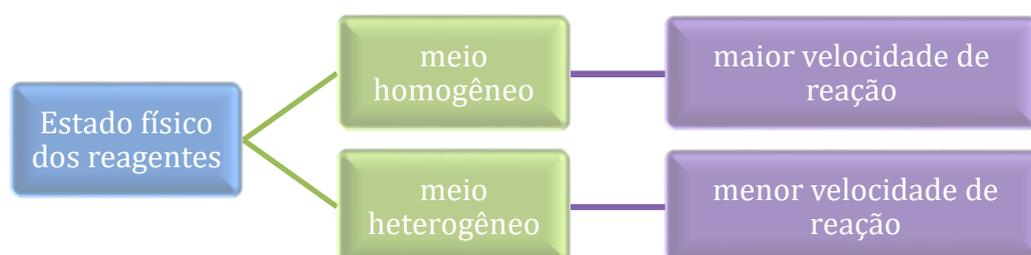
Em cinética química, ramo que estuda a velocidade e mecanismos das reações, temos muito a discutir. Em nosso curso, teremos uma aula completamente dedicada a esse ramo da química. Aqui, vou me ater a falar de alguns fatores que influenciam a velocidade das reações, dentre os quais está a presença de catalisadores.

Listo abaixo os principais fatores que podem influir na velocidade de reação:

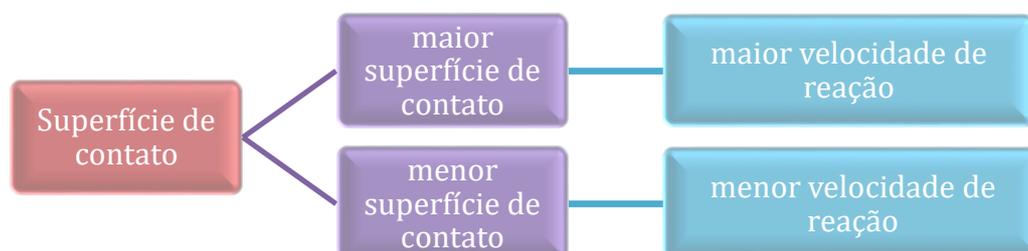
- i. Estado físico dos reagentes
- ii. Superfície de contato
- iii. Temperatura
- iv. Presença de catalisador
- v. Concentração dos reagentes

Convém discutirmos separadamente cada um desses fatores.

Estado físico dos reagentes: quanto mais facilmente as espécies químicas se chocarem, mais rápida será a reação. Por isso, a reação será mais rápida em **meio homogêneo**, ou seja, reagentes que se encontram em uma mesma fase (= mesmo meio), a exemplo de dois reagentes dissolvidos em uma mesma solução aquosa que apresentarão maior facilidade de colisões entre si. Por outro lado, a reação será mais lenta em **meio heterogêneo**, por exemplo, uma espécie em meio aquoso e outra espécie no estado sólido, pois, desta forma, menor será a frequência de colisões entre as espécies reagentes.

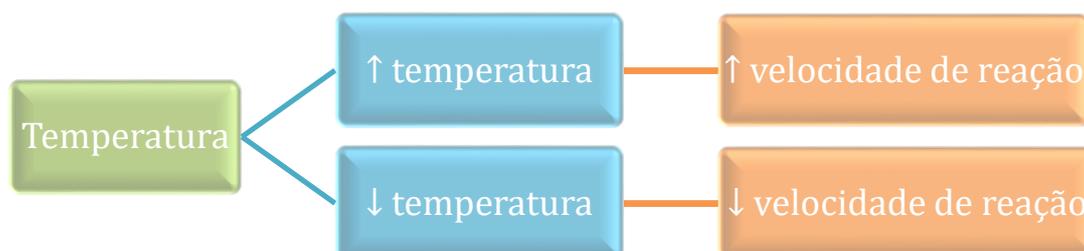


Superfície de contato: o aumento da superfície de contato dos reagentes leva a um aumento da velocidade de reação. Essa regra é muito válida para reagentes sólidos, pois apesar de reagentes sólidos estarem associados a baixas velocidades de reações, podemos aumentar a velocidade dessa reação se pulverizarmos (tornar pó) os reagentes envolvidos, por ex: por meio de moagem. É por isso que a bala dura “derrete” (dissolve na solução aquosa da saliva) mais rápido na boca quando a trituramos por meio da mastigação.





Temperatura: em termodinâmica, estuda-se que o aumento da temperatura promove um aumento da energia cinética das moléculas e átomos. O aumento da energia cinética, por sua vez, aumenta o número de choques entre as moléculas. Portanto, em geral, **o aumento da temperatura promove um aumento da velocidade de reação**. Estudos experimentais demonstram que, muitas vezes, o aumento de 10°C faz com que a velocidade da reação seja dobrada. **A uma temperatura mais elevada, há uma redução da energia de ativação (E_a), o que justifica o aumento da velocidade.**

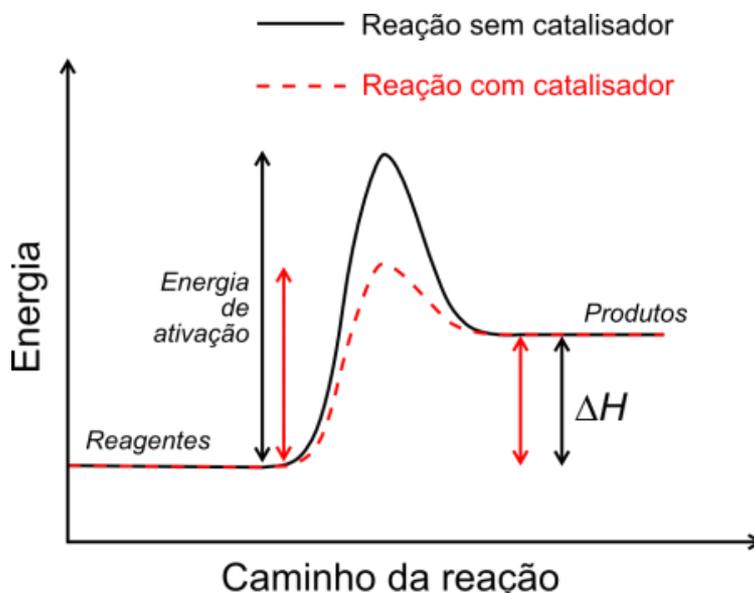


Presença de catalisador: catalisadores são compostos que aumentam a velocidade ou taxa das reações **sem serem consumidos ao final do processo ou reação**. A presença de um catalisador modifica o tipo de colisão e caminhos percorridos, em outras palavras, há uma modificação do **mecanismo de reação**, assunto que vamos discutir um pouco melhor a diante. Na prática, o catalisador diminui a **energia de ativação (E_a)** da reação, facilitando o vencimento da barreira energética e conseqüentemente acelerando a reação. Ressalto que **a presença do catalisador não modifica a variação de entalpia (variação de energia) da reação**. Por exemplo, em uma reação exotérmica, a presença do catalisador não altera a quantidade de energia liberada. Isso porque essa variação de energia só depende da situação inicial e final, sendo independente do caminho percorrido.

Enzimas são catalisadores biológicos ou biocatalisadores que atuam reações do metabolismo de organismos vivos. Uma visão simplificada, mas didática, é que a enzima apresenta uma região específica, chamada sítio ativo, na qual o substrato (composto reagente) se encaixa perfeitamente. Esse mecanismo é chamado **chave-fechadura**.

Decorrente do conceito de catalisador e do raciocínio sobre estado físico dos reagentes, temos os seguintes conceitos:

- **Catálise homogênea:** reação catalisada em que reagentes e catalisadores se encontram na mesma fase, ou seja, constituem um sistema monofásico.
- **Catálise heterogênea:** reação catalisada em que reagentes e catalisadores se encontram em diferentes fases, sistema polifásico. É comum o reagente ser adicionado na forma sólida em meios reacionais líquidos.



Efeito do catalisador sobre a velocidade e energia de ativação de uma reação¹³

Concentração dos reagentes: a partir da lei da velocidade de reação, apresentada abaixo, percebe-se que quanto maior a concentração dos reagentes, $[X]$, maior será a velocidade da reação.

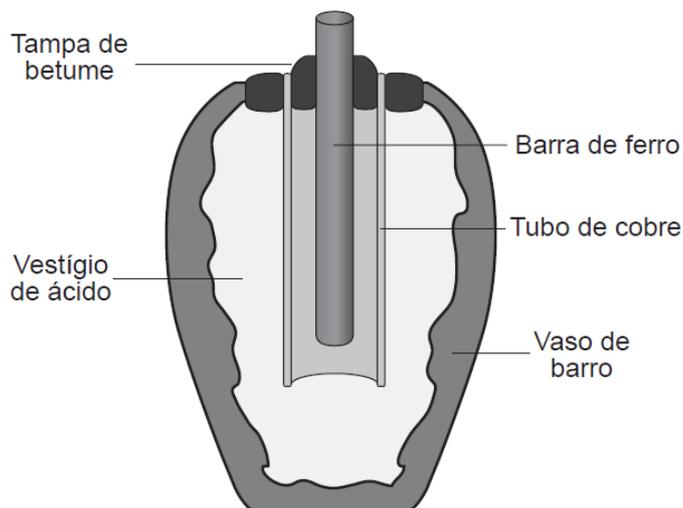
$$\text{Velocidade} = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \cdot [C]^c$$

Vamos agora à resolução das questões envolvendo cinética e eletroquímica.

9.3- RESOLUÇÕES: ELETROQUÍMICA E CINÉTICA

12. (ENEM - 2018) Em 1938 o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da instituição, que poderia ter sido usado como uma pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução: $E^\circ(\text{Fe}^{2+}|\text{Fe}) = -0,44\text{V}$; $E^\circ(\text{H}^+|\text{H}_2) = 0,00\text{ V}$; e $E^\circ(\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}) = +0,34\text{ V}$.

¹³ Fonte: Catalisadores. Disponível em <https://www.infoescola.com/quimica/catalisadores/>. Acessado em 24 de ago. 2018



As pilhas de Bagdá e a acupuntura. Disponível em: <http://jornalggm.com.br>.

Acesso em: 14 dez. 20 14 (adaptado).

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

- A) A tampa de betume.
- B) O vestígio de ácido.
- C) A barra de ferro.
- D) O tubo de cobre.
- E) O vaso de barro.

Comentários: o candidato poderia deduzir que o aparato da figura se tratava de uma pilha devido à presença de dois metais (Fe, Cu), ao fato do ferro estar corroído (oxidado) e também devido à apresentação dos potenciais padrão de redução (E°) de ambos metais e do hidrogênio. Mesmo que ainda houvesse dúvida, foi sugerido no enunciado que o instrumento se tratava de uma pilha. Foi perguntado qual dos componentes da suposta pilha corresponderia ao cátodo.

Embora tenha sido fornecido o E° do hidrogênio, o mesmo pode ser desconsiderado por não estar presente na reação redox da referida pilha. Esse foi apresentado para indicar que o mesmo foi considerado como padrão, 0,00V. Isto quer dizer que todos os demais potenciais padrão dos diferentes elementos foram medidos em relação ao hidrogênio devido a impossibilidade de ser medir essas potencias em termos absolutos (sem comparar com outros elementos químicos).

Sendo assim, devemos considerar os potenciais padrão (E°) apenas dos metais presentes: cobre e ferro. Conforme estudamos, estando duas espécies em contato, sofrerá redução a espécie que apresentar maior potencial de redução, E° . Por outro lado, a de menor E° sofrerá oxidação. Ora, se o cobre apresenta maior E° (+0,34V), então ele irá reduzir e, conseqüentemente, o ferro ($E^{\circ} = -0,44V$) irá oxidar. Mas, e agora? Ainda não temos a resposta de qual metal será o cátodo. Podemos agora recorrer a qualquer um dos mnemônicos abaixo:

PIPOCAR: na **P**ilha, o polo **PO**sitivo é o **CÁ**todo e ele **RE**duz

CRAO:

Cátodo: Reduz

Ânodo: Oxida

Desta forma, lembramos que na pilha o cátodo é quem reduz, que, nesse caso, é o cobre.

Resposta: letra D

13. (ENEM - 2018) O sulfeto de mercúrio(II) foi usado como pigmento vermelho para pinturas de quadros e murais. Esse pigmento, conhecido como *vermilion*, escurece com o passar dos anos, fenômeno cuja origem é alvo de pesquisas. Aventou-se a hipótese de que o *vermilion* seja decomposto sob a ação da luz, produzindo uma fina camada de mercúrio metálico na superfície. Essa reação seria catalisada por íon cloreto presente na umidade do ar.

WOGAN, T. Mercury's Dark Influence on Art. Disponível em: www.chemistryworld.com.
Acesso em: 26 abr.2018 (adaptado).

Segundo a hipótese proposta, o íon cloreto atua na decomposição fotoquímica do *vermilion*

- A) reagindo como agente oxidante.
- B) deslocando o equilíbrio químico.
- C) diminuindo a energia de ativação.
- D) precipitando cloreto de mercúrio.
- E) absorvendo a energia da luz visível.

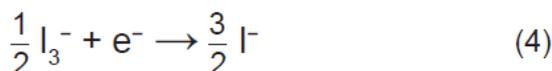
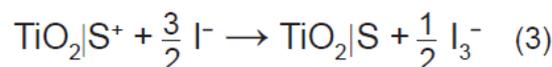
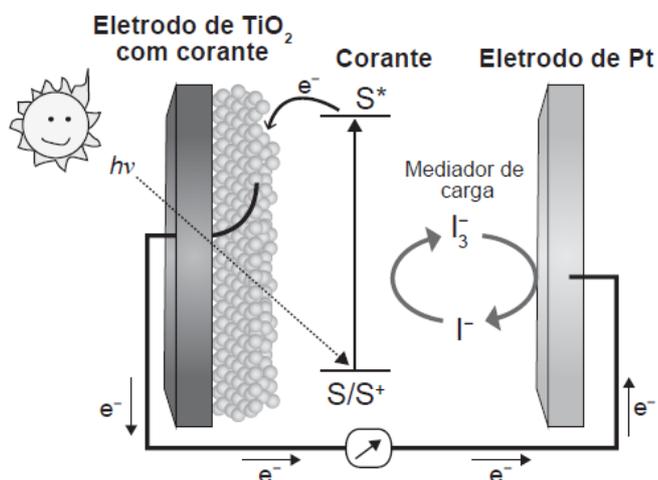
Comentários: o próprio enunciado nos informa que o cloreto está atuando como catalisador. Veja: “Essa reação seria catalisada por íon cloreto”. Estudamos em cinética que

Catalisadores são compostos que aumentam a velocidade ou taxa das reações sem serem consumidos ao final do processo ou reação. A presença de um catalisador modifica o tipo de colisão e caminhos percorridos, em outras palavras, há uma modificação do mecanismo de reação. Na prática, **o catalisador diminui a energia de ativação (E_a) da reação**, facilitando o vencimento da barreira energética e consequentemente acelerando a reação.

Resposta: letra C

14. (ENEM - 2018) Células solares à base de TiO_2 sensibilizadas por corantes (S) são promissoras e poderão vir a substituir as células de silício. Nessas células, o corante adsorvido sobre o TiO_2 é responsável por absorver a energia luminosa ($h\nu$), e o corante excitado (S^*) é capaz de transferir elétrons para o TiO_2 . Um esquema dessa célula e os processos envolvidos estão ilustrados na figura. A conversão de energia solar em elétrica ocorre por meio da seqüência de reações apresentadas.





LONGO, C.; DE PAOLI, M.-A. Dye-Sensitized Solar Cells: A Successful Combination of Materials. Journal of the Brazilian Chemical Society, n.6, 2003 (adaptado).

A reação 3 é fundamental para o contínuo funcionamento da célula solar, pois

- A) reduz íons I^- a I_3^- .
- B) regenera o corante.
- C) garante que a reação 4 ocorra.
- D) promove a oxidação do corante.
- E) transfere elétrons para o eletrodo de TiO_2 .

Comentários: em alguns exercícios do ENEM são apresentadas novidades científicas que se correlacionam com conceitos basilares da química, o que é bastante interessante por despertar no aluno o interesse pela pesquisa científica. Nesse exercício, é apresentada um novo projeto de célula solar. Antes de analisarmos as alternativas, vale fazer uma rápida explicação do funcionamento dessa célula com base nas informações fornecidas no próprio enunciado:

Reação 1: na figura, nota-se que os raios solares ($h\nu$) incidem na superfície do corante S, o qual é excitado à forma S^* . Nessa excitação, a energia dos raios solares é utilizada para promover (“elevar”) um elétron de S para um orbital mais externo (mais energético). Na apresentação da reação e também no desenho, nota-se que o corante e o TiO_2 estão em contato ($\text{TiO}_2|\text{S}$), representado por uma barra em pé entre eles;

Reação 2: após excitação, $\text{TiO}_2|\text{S}^*$, S^* perde 1 elétron (conforme estudamos, oxida), o qual é movimentado pelo circuito elétrico, indicado por setinhas, gerando a corrente elétrica. Note que, nesse ponto, já temos a transformação da energia eletromagnética [vinda do sol] em energia elétrica pela produção da corrente elétrica (movimento de elétrons). Nessa etapa, o corante passa de S^* (excitado) para S^+ (catiônico devido a perda de uma carga negativa);

Reação 3: $\text{TiO}_2|\text{S}^+$ entra em contato com o “mediador de carga” e retorna a $\text{TiO}_2|\text{S}$. Ou seja, o corante S ganha 1 elétron, retomando sua carga inicial. Dizemos, portanto, que ele reduziu. Como se vê, o **corante é regenerado**. Isso garante o funcionamento contínuo da célula solar;

Reação 4: o mediador de carga recebe 1 elétron do próprio circuito e retorna a sua forma I^- .

Após essa interpretação, vamos à análise das alternativas:

Letra A: incorreta. Para verificarmos se o iodo está reduzindo na reação 3, devemos calcular seu NOX em cada uma das espécies:

- Íons atômicos como I^- apresentam NOX igual à sua própria carga. Nesse caso, $NOX = -1$;
- Em I_3^- , a carga é -1 , mas dividida entre três átomos de iodo. Portanto, $NOX = -1/3$.

Se o NOX do iodo sai de -1 para $-1/3$, então seu NOX está aumentado, ou seja, o iodo sofre oxidação na reação 1 e não redução.

Letra B: correta. Conforme destacado na discussão acima da reação 3.

Letra C: incorreta. Conforme explicado acima.

Letra D: incorreta. O corante é reduzido.

Letra E: incorreta. A transferência de elétrons ocorre entre o corante e o iodo, conforme discutido acima.

Resposta: letra B

10- AQUECIMENTO DE SUBSTÂNCIAS E MISTURAS

Embora pudéssemos discutir tal assunto em termoquímica, resolvi abordá-lo separadamente para fazer uma análise mais qualitativa e menos numérica dos processos envolvidos no aquecimento de materiais e, consecutivas **curvas de aquecimento**.

De início, precisamos ter uma ideia do que acontece durante a mudança de fase para uma substância pura. Antes, porém, relembre as terminologias das mudanças de fase:

Mudança de estado	Fenômeno termodinâmico
Sólido \rightarrow líquido	Fusão
Líquido \rightarrow sólido	Solidificação
Líquido \rightarrow gasoso	Vaporização
Gasoso \rightarrow líquido	Liquefação (Condensação)
Sólido \rightarrow gasoso (sem passar pelo estado líquido)	Sublimação

Na tabela abaixo, faço uma abordagem qualitativa do que acontece a nível microscópico durante a curva de aquecimento de uma substância pura, a qual está ilustrada na figura logo a seguir.



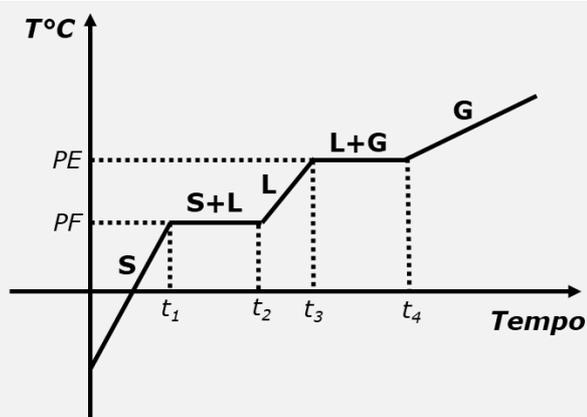


Sistema	Interpretação qualitativa do sistema
S	No estado sólido, as moléculas de uma substância pura estão muito próximas umas das outras e possuem pouca liberdade de movimento. A medida que é fornecida energia na forma de calor para o sólido, sua energia interna aumenta. As moléculas, embora ainda muito próximas, começam a se movimentar em torno de um ponto com maior frequência e a temperatura da substância aumenta linearmente com o calor fornecido. <u>Nessa etapa, os átomos ligados entre si, acabam se distanciando à medida que o aquecimento é mantido, devido a maior vibração, mas ainda continuam ligados entre si, ou seja, há um aumento da distância de ligação e o material sólido se dilata (aumenta seu volume).</u>
S+L	Quando a substância atinge a temperatura do seu ponto de fusão (PF) , que é igual ao ponto de congelamento, as moléculas já adquiriram toda energia necessária para se afastarem, destruindo o retículo sólido (ligações intermoleculares). Durante a fusão, toda energia fornecida será utilizada para afastar as moléculas e, por isso, a temperatura será mantida constante.
L	Após todo derretimento (fusão), caso mantenhamos o fornecimento de energia na forma de calor, as moléculas da substância, agora no estado líquido, passarão a se movimentar mais rapidamente e a temperatura voltará a subir até que seja atingido o ponto de ebulição (PE) , que é igual ao de condensação. Durante o aquecimento do líquido, embora as moléculas apresentem um elevado grau de movimento, elas ainda possuem uma certa atração eletrostática o que as mantém a uma distância média que garante a constituição do líquido. <u>Aqui também os átomos ligados entre si vão adquirindo uma distância maior entre si à medida que o aquecimento é mantido, resultando na dilatação do líquido antes da sua vaporização, etapa seguinte.</u>
L+G	No ponto de vaporização, a energia interna do sistema é tão alta que as moléculas possuem energia suficiente para escapar uma das outras, ou seja, vencer a atração entre elas. Nessa mudança de fase, assim como na outra, toda energia é utilizada para a vaporização das moléculas e, por isso, a temperatura é mantida constante.
G	Por fim, após toda vaporização, as moléculas gasosas aumentam sua energia cinética e a temperatura da substância volta a subir à medida que mais energia é fornecida.

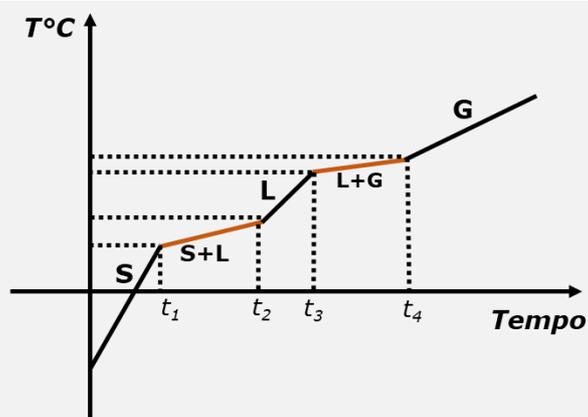
em que S=sólido, L=líquido e G=gasoso.



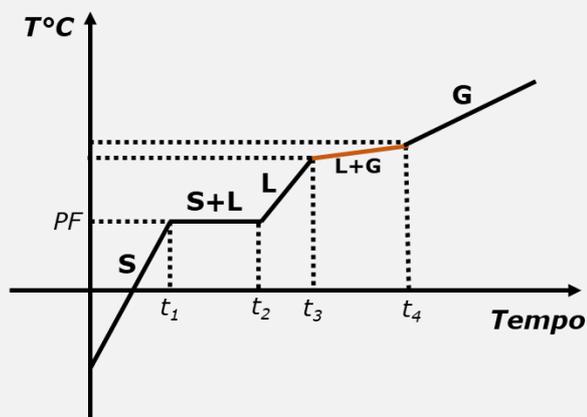
4 curvas de aquecimento que você deve conhecer



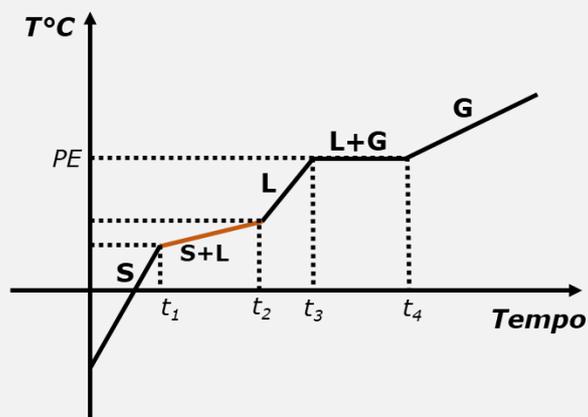
Substância pura. Temperatura constante durante as mudanças de fase com PF e PE definidos.



Mistura. Temperatura variável durante as mudanças de fase sem PF e PE definidos.



Mistura eutética. Um tipo de mistura de substâncias especial, pois se comporta como substância pura no PF, possuindo, portanto PF definido. Isto é, uma mistura eutética comporta-se como se fosse uma substância pura na mudança de fase de sólido para líquido. Ex: liga metálica de estanho e chumbo (solda); liga metálica entre cobre e estanho (bronze).



Mistura azeotrópica. Um tipo de mistura de substância especial, pois se comporta como substância pura no PE, possuindo, portanto PE definido. Isto é, uma mistura azeotrópica comporta-se como se fosse uma substância pura na mudança de fase de líquido para gasosa. Ex: etanol e água; acetona e metanol.

Vale lembrar que as misturas se diferenciam das substâncias puras por não apresentarem ponto de fusão e ponto de ebulição definidos. As misturas especiais (eutética e azeotrópica) mostradas acima apresentam apenas um desses dois pontos definidos, já a maioria das misturas não apresentam nem um nem o outro definido.

Vamos à questão do ENEM que abordava esse tema.

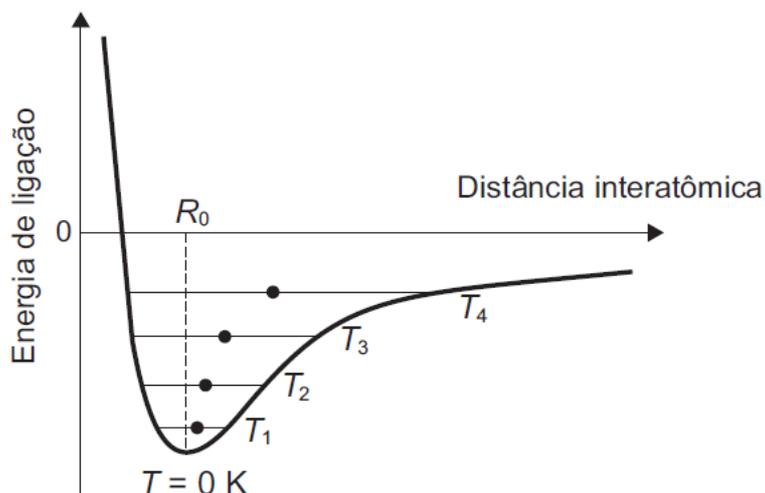
10.1- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: AQUECIMENTO E DISTÂNCIA INTERATÔMICA

15. (ENEM - 2018) Alguns materiais sólidos são compostos por átomos que interagem entre si formando ligações que podem ser covalentes, iônicas ou metálicas. A figura apresenta a energia





potencial de ligação em função da distância interatômica em um sólido cristalino. Analisando essa figura, observa-se que, na temperatura de zero kelvin, a distância de equilíbrio da ligação entre os átomos (R_0) corresponde ao valor mínimo de energia potencial. Acima dessa temperatura, a energia térmica fornecida aos átomos aumenta sua energia cinética e faz com que eles oscilem em torno de uma posição de equilíbrio média (círculos cheios), que é diferente para cada temperatura. A distância de ligação pode variar sobre toda a extensão das linhas horizontais, identificadas com o valor da temperatura, de T_1 a T_4 (temperaturas crescentes).



O deslocamento observado na distância média revela o fenômeno da

- A) ionização.
- B) dilatação.
- C) dissociação.
- D) quebra de ligações covalentes.
- E) formação de ligações metálicas.

Comentários: o gráfico demonstra como se comporta a energia de ligação entre átomos em função da distância interatômica. Embora o que faça dois átomos se manter unidos é a atração entre eles, existe um limite para essa atração. Cargas de átomos de sinais opostos podem ser responsáveis pela atração entre eles, mas, à medida que eles se aproximam, surge uma força de repulsão entre os seus elétrons (cargas de mesmo sinal). Por isso, a distância de ligação é aquela em que as forças atrativas e repulsivas se anulam. Porém, essa distância de ligação não é fixa, pois, conforme estudamos, os átomos acabam se distanciando à medida que a temperatura é elevada, devido a maior vibração dos átomos, mas ainda continuam ligados entre si, ou seja, há um aumento da distância de ligação e o material sólido se dilata (aumenta seu volume).

Resposta: letra B



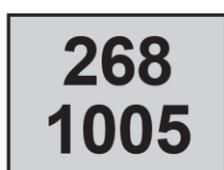


11- PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DE GASES

11.1- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: TRANSPORTE DE GASES PERIGOSOS E SUAS PROPRIEDADES

16. (ENEM - 2018) A identificação de riscos de produtos perigosos para o transporte rodoviário é obrigatória e realizada por meio da sinalização composta por um painel de segurança, de cor alaranjada, e um rótulo de risco. As informações inseridas no painel de segurança e no rótulo de risco, conforme determina a legislação, permitem que se identifique o produto transportado e os perigos a ele associados.

A sinalização mostrada identifica uma substância que está sendo transportada em um caminhão.



Os três algarismos da parte superior do painel indicam o "Número de risco". O número 268 indica tratar-se de um gás (2), tóxico (6) e corrosivo (8). Os quatro dígitos da parte inferior correspondem ao "Número ONU", que identifica o produto transportado.

BRASIL. **Resolução n.420**, de 12/02/2004, da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)/Ministério dos Transportes (adaptado).

AB NT. **NBR 7500**: identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos. Rio de Janeiro, 2004 (adaptado).

Considerando a identificação apresentada no caminhão, o código 1005 corresponde à substância

- A) eteno (C_2H_4).
- B) nitrogênio (N_2).
- C) amônia (NH_3).
- D) propano (C_3H_8)
- E) dióxido de carbono (CO_2).

Comentários: resolvi responder esta questão sem uma introdução teórica porque acredito que ela exigia do candidato conhecimentos gerais e de diversos ramos da química. Não era uma questão difícil porque o candidato poderia encontrar a resposta correta a partir de diferentes informações e raciocínios. Por isso, vamos lá, vamos bater um papo a respeito das substâncias apresentadas nas alternativas.

Sabemos que a substância transportada é um gás. No entanto, isso não ajuda muito na resolução da questão, pois todas as substâncias apresentadas nas alternativas são gases à temperatura ambiente. Acho que todos lembrariam que nitrogênio (N_2), amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2) são gases. Talvez alguns alunos poderiam ficar na dúvida se eteno (C_2H_4) e



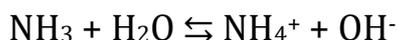


propano (C_3H_8) também seriam gases à temperatura ambiente. Nesse caso, o candidato deveria lembrar que ambas substâncias são apolares e que, por isso, suas moléculas apresentam interações intermoleculares fracas, do tipo dipolo induzido. Além disso, são de baixo peso molecular, devido ao pequeno número de carbonos. Devido a esses dois fatores, a energia necessária para separar suas moléculas, promovendo a ebulição, é muito baixa, ou seja, evaporam em temperaturas baixas (em geral, inferiores à temperatura ambiente). Mais uma dica, lembre-se que hidrocarbonetos de baixo peso molecular são gases sob condições normais de temperatura e pressão (CNTP), a exemplo do gás natural, constituído basicamente de metano e etano, e o gás liquefeito de petróleo (GLP), constituído basicamente de propano e butano.

Quanto à toxicidade, poderíamos de imediato descartar o nitrogênio, que é um gás inerte. Você poderia lembrar que o nitrogênio é o maior constituinte da atmosfera, correspondendo a cerca de 78%. Se ele fosse tóxico, estaríamos todos mortos, não é mesmo? Vale lembrar que todos os gases podem ser asfixiantes em excesso por reduzir a concentração de oxigênio (gás vital para nós). No entanto, hidrocarbonetos (ex: C_2H_4 e C_3H_8), muitos deles derivados de petróleo, são gases cuja principal característica é serem inflamáveis (gases combustíveis). Podemos descartar também as letras A e D, já que a plaqueta de identificação não trouxe nenhuma informação sobre a inflamabilidade (característica ilustrada pelo pictograma abaixo).



Restam duas alternativas: dióxido de carbono (CO_2) e amônia (NH_3). Ambos são tóxicos aos seres humanos. Precisamos, então, diferenciá-los quanto à corrosividade. Para tanto, o candidato deveria se lembrar das características ácido-base de alguns compostos. Avaliem os produtos formados de ambos gases em contato com água:



Para dificultar a nossa vida, notamos que o gás carbônico forma ácido carbônico, enquanto a amônia forma hidróxido de amônio. Considerando que ácidos e bases são substâncias corrosivas, ambas substâncias poderiam ser consideradas corrosivas. No entanto, vale lembrar que o ácido carbônico é um ácido muito fraco que se decompõe facilmente em água e CO_2 . Sendo assim, nossa resposta correta é a Letra C.

Resposta: letra C

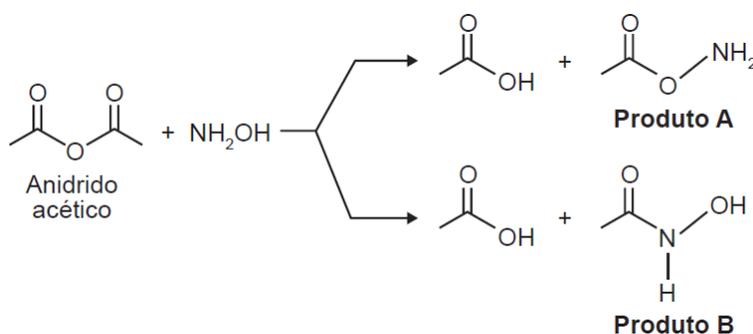


12. REAÇÕES ORGÂNICAS

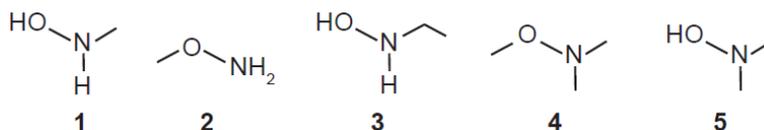
12.1- RESOLUÇÃO DE QUESTÃO: ATAQUE NUCLEOFÍLICO AO ANIDRIDO



17. (ENEM - 2018) A hidroxilamina (NH₂OH) é extremamente reativa de material, um cientista observou o comportamento em reações de substituição nucleofílica, justificando sua utilização em diversos processos. A reação de substituição nucleofílica entre o anidrido acético e a hidroxilamina está representada.



O produto A é favorecido em relação ao B, por um fator de 10⁵. Em um estudo de possível substituição do uso de hidroxilamina, foram testadas as moléculas numeradas de 1 a 5.



Dentre as moléculas testadas, qual delas apresentou menor reatividade?

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

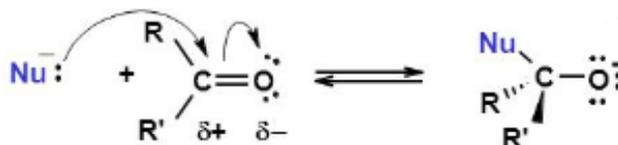
Comentários: galerinha do bem, para essa questão, não será possível fazer uma introdução teórica em um curto “pedaço” de aula, pois reações orgânicas é um tema deveras complexo para ser tratado em pouco tempo. Não se preocupe, pois, em nosso curso, teremos uma aula dedicada apenas a esse assunto.

Tentarei te mostrar aqui, como você poderia encontrar a resposta correta com apenas alguns conhecimentos básicos sobre reações orgânicas. De início, vale lembrar que a carbonila (C=O), presente no anidrido acético, pode sofrer um ataque nucleófilo (espécie com elétrons

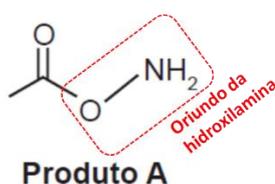




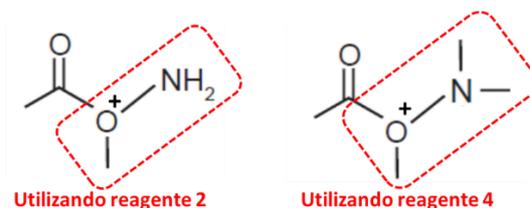
disponíveis que apresenta afinidade com centros positivos). Nesse ataque, os elétrons do nucleófilo atacam o centro positivo da carbonila, que é o carbono, conforme ilustrado abaixo:



Na hidroxilamina, temos dois átomos com pares de elétrons não ligantes, oxigênio e nitrogênio, os quais podem atuar como nucleófilos. Ao indicar que o produto A é altamente favorecido em relação ao produto B, nos é informado que o oxigênio da hidroxilamina será preferencialmente o nucleófilo da reação, responsável pela alta reatividade observada. Isso pode ser observado no destaque abaixo, em que vemos o oxigênio da hidroxilamina ligado ao carbono da carbonila.



Sendo assim, qualquer modificação química no reagente hidroxilamina que impedisse o caminho 1 de formação do produto A, diminuiria drasticamente a reatividade. Note que as substâncias 2 e 4 diminuiriam a velocidade do caminho 1, pois, se o ataque nucleófilo fosse realizado pelo oxigênio dessas substâncias, os produtos seriam:



A formação dos produtos acima é extremamente desfavorável, já que o oxigênio estaria realizando três ligações e assumindo carga positiva (produto instável). Sendo assim, o caminho 2, originalmente de formação do produto B, passaria a ser favorecido com a utilização dos compostos 2 e 4. Nessa segunda rota, que é bem mais lenta, o ataque nucleofílico será realizado pelo nitrogênio. A diferença entre as substâncias 2 e 4 é a presença de duas metilas ligadas ao nitrogênio do composto 4. As metilas são grupos volumosos quando comparados aos hidrogênios e, por isso, provocam um impedimento estérico (impedimento espacial) que dificulta o ataque nucleófilo. Portanto, o composto com menor reatividade será o 4.

Outra maneira, embora menos fundamentada, mais intuitiva e direta de se chegar à resposta correta seria lembrar que anidridos são substâncias que tendem a formar ácidos carboxílicos. No caminho de formação do composto A, o hidrogênio necessário para a formação do ácido é fornecido pela desprotonação do oxigênio, enquanto que no caminho de formação do composto B, o hidrogênio é fornecido pela desprotonação do nitrogênio. A substância 4 é a única que não possui hidrogênios ligados nem no oxigênio e nem no nitrogênio.

Resposta: letra D



Termina aqui a nossa primeira aula. Espero ter correspondido ao desafio de ensiná-lo tudo que precisava para gabaritar o ENEM 2018. Se gostou, experimente estudar conosco para o ENEM 2019, garanto que não se arrependerá. Temos uma excelente equipe de apoio e excelentes professores. Bons estudos!

Prof. Diego Souza

Instagram: [@Prof.DiegoSouza](#)

Facebook: [Prof. Diego Souza](#)



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.