

Prof. Marcus Ennes

Prof. Felipe Garcia

Química Ambiental

UNIDADE 73: Química ambiental

Nosso planeta é um grande lar que nos abriga, oferecendo condições propícias para que possamos viver e nos reproduzir. Porém isso não foi sempre assim. Desde sua formação, há mais de 4 bilhões de anos, já tivemos diversas mudanças climáticas drásticas, incluindo seis grandes eras glaciais apenas no último bilhão de anos. Nossa atmosfera era totalmente diferente do que é hoje, e a vida, que surgiu há 3,5 bilhões de anos atrás, era muito diferente de como a conhecemos. Hoje nos deparamos tão distantes deste passado que às vezes ele parece irreal, como em filmes onde aparecem dinossauros inimaginavelmente grandes.

Apesar de toda beleza e importância dos estudos do passado da terra, ele já se foi, e as questões do presente se fazem cada vez mais urgentes. Precisamos nos preocupar com nosso futuro, e construí-lo de forma que este seja sustentável, para que possamos continuar a viver e nos reproduzir por muitos e muitos anos. Existe uma quantidade enorme de recursos oferecida pelo planeta, e a falta de sabedoria na utilização dos mesmos tem nos apressado na direção de mudanças climática irreversíveis.

O excesso de plásticos dentro da cultura de consumo do final do século XX e do início do século XXI tem gerado cada vez mais lixo deste tipo, que acaba por se espalhar pelo planeta. O uso desenfreado de combustíveis fósseis intensifica desproporcionalmente um fenômeno que é fundamental para manutenção da vida, que é o efeito estufa, gerando o aquecimento global. Além disso alguns compostos gasosos danosos à camada de ozônio são dispersados na atmosfera, ocasionando a depleção deste composto em uma determinada região.

Existem diversas palavras-chave para a solução destes problemas. Termos como conscientização, redução, reciclagem, reutilização devem ser levados cada vez mais em conta, para que haja chance de construção de um futuro mais próspero, no qual a diversidade e a qualidade de vida não sejam afetadas por mudanças climáticas extremas e irreversíveis. O tempo está passando, e o quanto antes entendermos que nossas ações diárias têm impacto nisso melhor para nós mesmos.



Química ambiental

Podemos definir a química ambiental como uma área de estudos da química no meio ambiente. Apesar de ter suas origens na química clássica, a química ambiental se tornou uma ciência

QUÍMICA DO MONSTRO

multidisciplinar que envolve áreas como: Biologia, Geologia, Ecologia, etc. Esses estudos têm como objetivo conhecer todos os processos químicos que ocorrem na natureza de forma natural ou provocados pelo ser humano, que afetam todos os seres vivos. O crescimento da população humana, o desenvolvimento de novas tecnologias e práticas humanas gerou um aumento das transformações químicas ambientais. Essas transformações afetam negativamente todo o planeta e a vida na terra.

Química verde

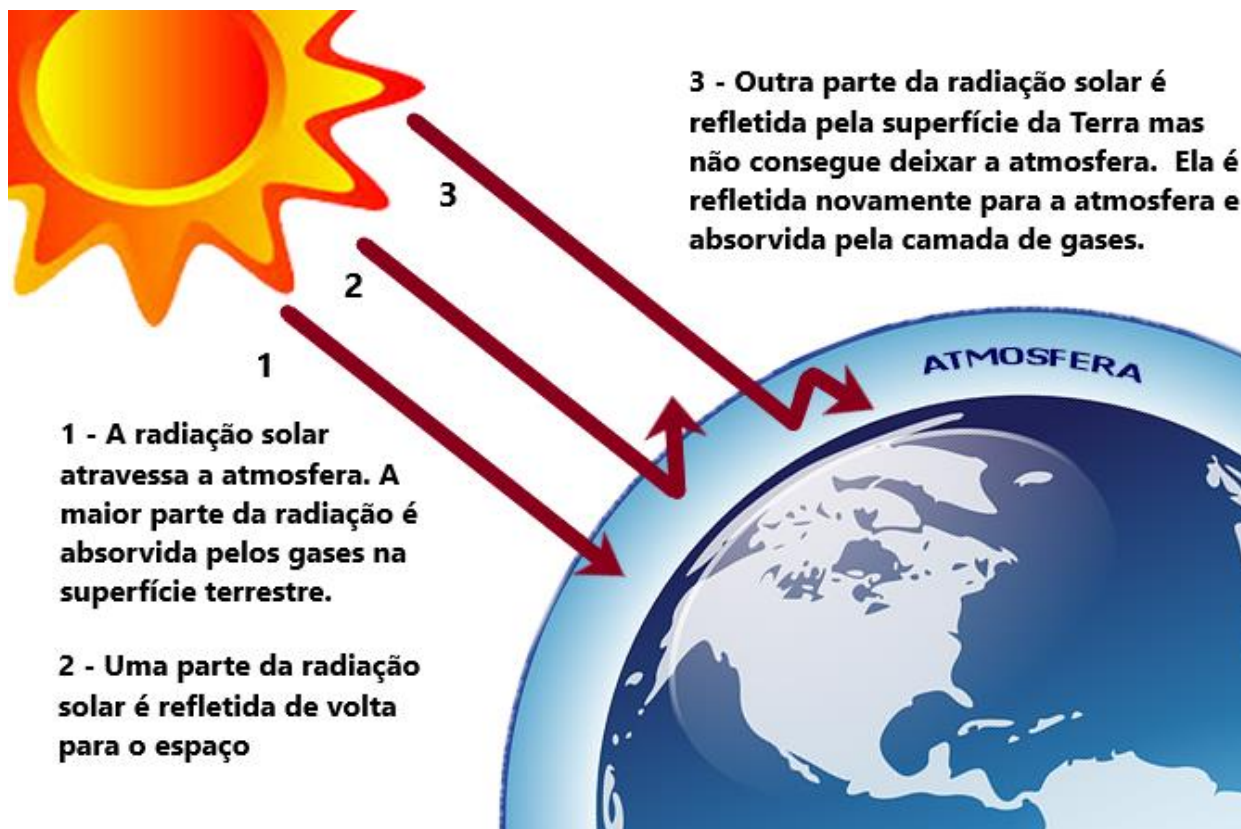
A Química Verde tem como o objetivo a prevenção da poluição causada pela atividade humana na área da química. É um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas.

Efeito estufa

Muitos conhecem o efeito estufa somente como vilão, mas ao contrário do que muitos pensam, sem ele não haveria vida na terra. Vamos entender como é o processo natural do efeito estufa, bem como sua amplificação antropogênica.

Estufas são lugares que acumulam calor no seu interior. E o efeito estufa serve exatamente para isso, “guardar” o calor recebido pelos raios solares e assim manter a terra aquecida. Os raios emitidos pelo sol, ao serem direcionados para Terra, podem ter dois destinos. Parte deles é absorvida pela superfície da Terra e pelos oceanos e a outra é refletida de volta para o espaço como radiação infravermelha.

Existem gases na atmosfera terrestre que são chamados de gases de efeito estufa (GEE). São espécies gasosas como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Esses gases absorvem parte da radiação infravermelha que foi refletida pela superfície terrestre, causando a vibração dessas moléculas gasosas que agora passam a irradiar no infravermelho, espalhando essa radiação em várias direções, conseqüentemente aquecendo a atmosfera terrestre. O problema não é a presença destes gases, mas seus excessos, que intensificam o chamado efeito estufa.



Principais gases de efeito estufa

Dióxido de carbono (CO₂)

- Proveniente da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão e desmatamento);
- Grande responsável pelo efeito estufa por ser o gás de efeito estufa mais abundante;
- Emitido principalmente devido à atividade humana;

Metano (CH₄)

- Produzido pela digestão anaeróbia (quando possui ausência de O₂) de matéria orgânica (lixo), criação de gado e cultivo de arroz.

Óxido nitroso (N₂O)

- Conhecido como gás hilariante;
- Origem de descargas elétricas na atmosfera, queima de carvão e de combustíveis fósseis em motores a explosão.

Ozônio (O₃)

- Proveniente da poluição dos solos provocada pelas indústrias.

Clorofluorcarbonetos (CFC's)

- Produzidos para uso em compressores domésticos e expansão de polímeros;
- Mais comuns: CCl₃F (nome comercial CFC-11), CCl₂F₂ (CFC-12), CClF₂CClF₂ (CFC-114) e CClF₂CF₃ (CFC-115).

Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's)

- Usados para substituir os CFC's, pois a presença de hidrogênio torna a molécula mais instável, o que minimiza o efeito de destruição da camada de ozônio;
- O mais usado em refrigeradores para substituir os CFC's é o CH₂FCF₃ (nome comercial HCFC-134a);
- Porém, uma molécula de HCFC-134a, tem o mesmo poder destrutivo que cerca de 3400 moléculas de CO₂, devido a isto, os HCFC's foram substituídos por hidrocarbonetos de baixo potencial estufa (ciclopentano e isobutano).

Hexafluoreto de enxofre (SF₆)

- Usado como isolante em instalações elétricas;
- Potencial estufa de uma molécula de SF₆ equivale a 25 mil vezes o potencial do CO₂;
- A quantidade desse gás na atmosfera atualmente é pequena.

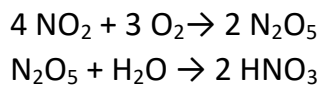
Chuva ácida

Antes de falar sobre a chuva ácida, vamos lembrar rapidamente pH (potencial hidrogeniônico). A escala de pH vai de 0 a 14, e assim podemos classificar as soluções da seguinte maneira:

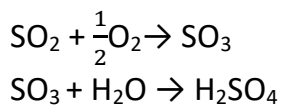
Valor de pH < 7 – Ácida
Valor de pH = 7 – Neutra
Valor de pH > 7 – Básica

A água da chuva, normalmente possui pH no valor aproximado de 5,6. Isso ocorre quando o dióxido de carbono (CO₂) presente na atmosfera se dissolve na água formando ácido carbônico (H₂CO₃).

Porém só dizemos que a chuva tem excesso de acidez quando seu pH está menor que 5,6. O que faz a água da chuva atingir valores menores que 5,6 são principalmente os óxidos de enxofre e de nitrogênio, que em contato com a água formam ácidos como o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃), originados a partir de seus óxidos, genericamente chamados de "NO_x" e "SO_x", observe:



Reação de transformação do dióxido de nitrogênio em ácido nítrico



Reação de transformação do dióxido de enxofre em ácido sulfúrico

Parte do SO₂ atmosférico vem de processos naturais como as erupções dos vulcões e também de atividades humanas como extração de metais pesados a partir de seus minérios e combustão de combustíveis fósseis, como por exemplo, o carvão. O NO₂ é formado principalmente durante a combustão nos motores de automóveis e centrais térmicas.

Algumas consequências da chuva ácida

- Surgimento de doenças pulmonares;
- Degradação de construções e monumentos históricos;
- Em contato com a água de rios liberam íons tóxicos que atuam sobre as guelras dos peixes dificultando sua respiração;
- Empobrecimento do solo prejudicando o crescimento e vida dos vegetais.

Combustíveis

Combustível é uma substância que ao reagir com o oxigênio (O₂) ou qualquer outro comburente produz calor, chamas e gases. Essas reações são classificadas como exotérmicas devido à liberação de calor. Podemos dividir os combustíveis em dois grupos: Combustíveis fósseis e biocombustíveis.

Combustíveis fósseis

Esses combustíveis foram formados a milhares de anos a partir de restos (fósseis) de animais, vegetais e microrganismos. Eles não são renováveis e sua queima libera CO₂ que em grande quantidade contribuem para os problemas ambientais. Abaixo veremos os principais combustíveis fósseis.

Petróleo

Líquido escuro e viscoso constituído por uma mistura de hidrocarbonetos (carbono e hidrogênio) e outros compostos orgânicos e inorgânicos em menor quantidade. Veja a composição do petróleo:

Carbono (C) - 82% - é o elemento predominante no petróleo;
Hidrogênio (H) - 12% - atua com o carbono formando as moléculas;
Nitrogênio (N) - 4% - encontrado na forma de amina;
Oxigênio (O) - 1% - muito pouco é encontrado;
Sais - 0,5% - raramente aparecem;
Metais (ferro, cobre etc.) - 0,5% - considerados como resíduos;

Para separar os derivados do petróleo bruto, ele é aquecido em uma coluna de destilação que separa as diferentes cadeias de hidrocarbonetos de acordo com sua temperatura de ebulição. Observe o que pode ser obtido a partir do petróleo:

- **Gás de petróleo:** Gás residual com 1 a 2 átomos de carbono, usado para aquecimento e para a indústria;
- **Gás liquefeito de petróleo (GLP):** Com 3 a 4 átomos de carbono, usado principalmente para cozinhar;
- **Naftas:** Com 5 a 10 átomos de carbono, é um produto intermediário que irá se transformar em gasolina ou servirá de matéria-prima para a indústria petroquímica;
- **Gasolina:** Com 5 a 8 carbonos, é utilizada como combustível para motores do ciclo Otto (motor de ignição com faísca). É uma nafta que se transformou em gasolina por outros processos químicos;
- **Querosene:** com 11 a 12 carbonos, é usado principalmente como combustível para turbinas de jatos, além de outras aplicações;
- **Óleo diesel:** com 13 a 18 carbonos, é um combustível usado principalmente em transporte rodoviário e aquaviário, em motores do ciclo diesel, além de ser utilizado também em termoelétricas e para aquecimento;
- **Óleo lubrificante:** com 26 a 38 carbonos, é usado principalmente na lubrificação de motores e engrenagens e como matéria-prima para graxas;
- **Óleo combustível:** até 39 carbonos, é utilizado principalmente como fonte de calor no segmento industrial;
- **Resíduos:** até 80 carbonos, servem como material inicial para a fabricação de outros produtos. Nesta faixa de compostos mais pesados estão: coque, asfalto, alcatrão, breu, ceras e outros.

Nem todos os compostos saem da torre de destilação prontos para serem comercializados, a maioria precisa passar por outros processos na refinaria para criar outras frações, melhorar a qualidade ou atender as necessidades do mercado. Veja os processos utilizados após a torre de destilação:

- **Craqueamento:** divide grandes cadeias de hidrocarbonetos em cadeias menores;
- **Reforma:** combina pedaços menores de hidrocarbonetos para criar outros maiores;
- **Alquilação:** rearranja várias cadeias para fazer os hidrocarbonetos desejados;
- **Extração de aromáticos:** extrai naftas aromáticas leves para a indústria química e petroquímica;
- **Hidrotratamento:** trata através de catálise com hidrogênio frações leves e médias, como gasolinas e diesel, visando melhorar as respectivas qualidades;

Gasolina

- Formada por hidrocarbonetos, possui na sua composição pequenas quantidades de produtos oxigenados, enxofre, compostos metálicos e de nitrogênio;
- Altamente inflamável;
- Muito utilizada como combustível para automóveis e motocicletas;
- Sua queima provoca a emissão de gases poluentes que aumentam o efeito estufa e o aquecimento global.

GNV (gás natural veicular)

- Formado por uma mistura de hidrocarbonetos que tem maior concentração de gás metano (CH_4), seguida pela concentração de gás etano (C_2H_6);
- Possui pequenas quantidades também de propano, butano, nitrogênio e dióxido de carbono (CO_2);
- Gás natural associado, que é o gás encontrado misturado com o petróleo ou em pequenas quantidades sobre a reserva petrolífera;
- Gás natural não associado, encontrado em reservatórios onde há pouco petróleo;
- Muito utilizado como combustível industrial e doméstico;
- Utilizado como matéria prima para sínteses químicas;
- É menos poluente que o petróleo;
- Tem alto poder calorífico;
- É o mais limpo dos combustíveis fósseis, pois emite menor quantidade de poluentes quando comparado com outros combustíveis.

Carvão mineral

- Originado de vegetais submetidos a uma carbonização com perda de oxigênio e hidrogênio;
- Quanto maior a idade do fóssil, maior é a concentração de carbono, tendo um carvão mineral de melhor qualidade;
- Usado como matéria prima de indústria de nylon, detergentes, pesticidas e índigo sintético (corante);
- Segunda fonte de energia mais utilizada depois do petróleo.

Biocombustíveis

Os biocombustíveis são combustíveis renováveis e apresentam baixíssimo índice de emissão de poluentes durante sua queima. Eles são produzidos a partir de materiais de origem biológica, não fóssil, conhecido também pelo termo biomassa. Biomassa é matéria orgânica que pode ser usada como fonte de energia (ex.: Plantas aquáticas e terrestres, óleos vegetais, resíduos urbanos, industriais e florestais). Além disso, eles também são biodegradáveis, o que diminui o impacto ambiental. Vejamos a seguir os principais biocombustíveis utilizados pelo ser humano.

Bioálcool (etanol)

- Pode ser produzido a partir da cana-de-açúcar, milho, mandioca, etc.;
- Usado como aditivo para gasolina (chamado de álcool anidro, possui 7% de água na sua composição);
- Usado diretamente como combustível para carros (álcool hidratado possui 0,7% de água na sua composição);
- Produzido comercialmente principalmente através da fermentação;
- Pouco poluente;
- No Brasil, sua produção é feita a partir da cana de açúcar.

Biodiesel

- É um éster obtido da reação de um álcool com um éster presente ou obtido da biomassa;
- Obtido pelo processo de transesterificação;
- É um substituto do óleo diesel;
- Pode ser usado em misturas com diesel em motor de caminhão, tratores, ônibus e outros veículos;
- Utilizado também em motores que geram energia elétrica.

Biogás

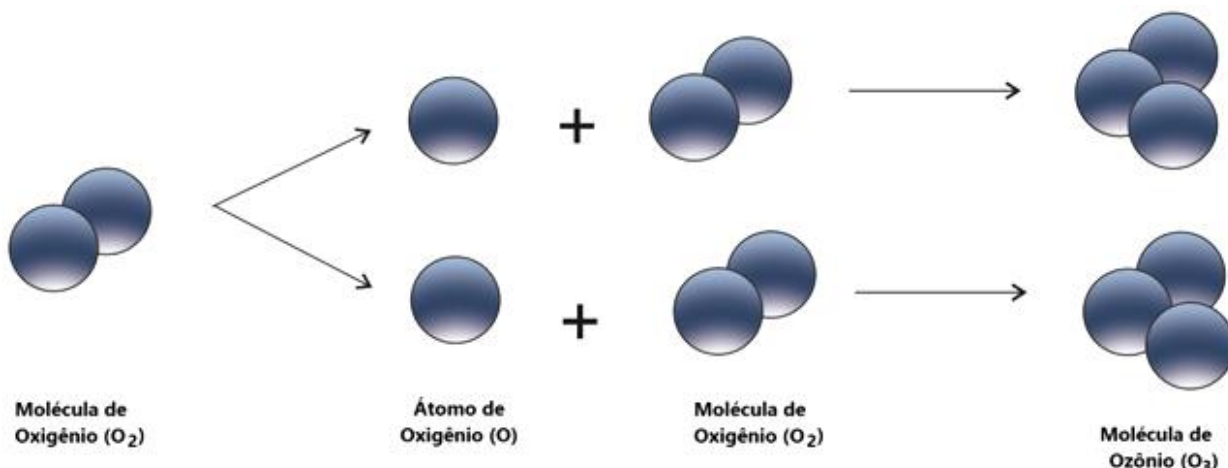
- Produzido a partir da degradação da matéria orgânica por bactérias anaeróbicas (não dependem de oxigênio);
- Composto principalmente por metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2);

- Podem ser produzidos também através de biodigestores. Tratam-se de equipamentos que reaproveitam detritos para gerar gás e adubo. Os biodigestores são alimentados com restos de alimentos e fezes de animais, acrescidos de água. Dentro do aparelho os detritos entram em decomposição devido à ação das bactérias anaeróbias e a matéria orgânica é convertida em gás metano que é utilizado como combustível de fogões de cozinha ou geradores de energia elétrica.

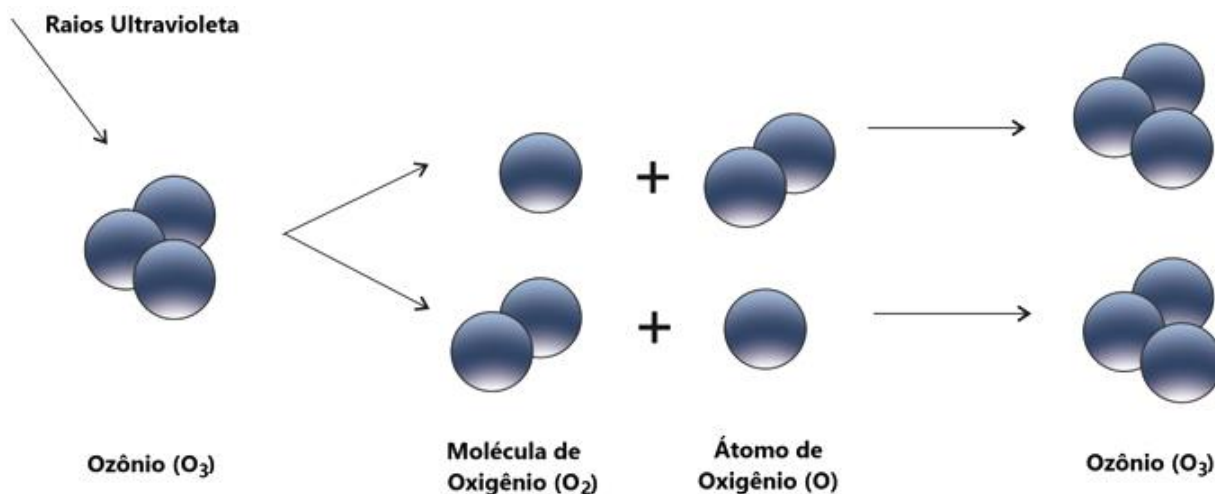
Camada de ozônio

Como já vimos anteriormente, o ozônio (O_3) é um gás que está presente na atmosfera terrestre. Na superfície terrestre ele é considerado um gás estufa, ou seja, é um gás prejudicial ao meio ambiente. Porém esse mesmo gás na estratosfera tem um papel totalmente oposto, ele forma a camada de ozônio, que é responsável por filtrar os raios ultravioletas nocivos antes que possam atingir a superfície do planeta e causar danos aos seres humanos e as demais formas de vida. Sem essa barreira nós humanos teríamos severos problemas de pele, danos à visão, envelhecimento precoce, câncer, ameaça a vida dos animais e plantas, poderia tornar o solo infértil, etc.

Na estratosfera é onde existe a maior quantidade de gás ozônio. Ele é formado através da ação fotoquímica dos raios ultravioletas sobre a molécula de oxigênio, quebrando-a em dois átomos de oxigênio. Esse átomo liberado se une a uma molécula de oxigênio formando o ozônio. Observe o esquema a seguir:



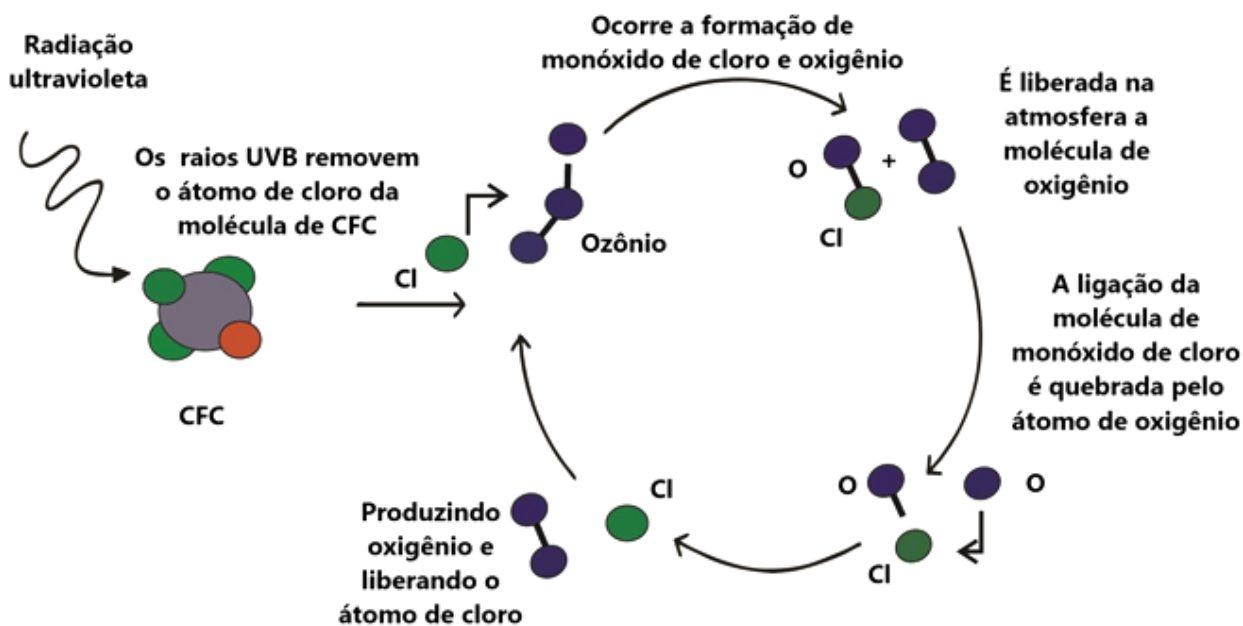
Isso também acontece com a molécula de ozônio que leva a contínua desintegração e formação do ozônio. Veja o esquema a seguir:



O Ozônio é mais concentrado nos polos norte e sul do que no Equador. Por isso, essas duas regiões são consideradas ideais para medir o nível de ozônio. O processo de degradação da camada de ozônio começou a ser observado no início da década de 1980, foi então que surgiu a expressão “buraco na camada de ozônio”. Nessa época foi constatada uma concentração menor que 200 unidades de medida sobre a Antártida e essa região de menor concentração que é chamada de “buraco”. A concentração normal de ozônio está entre 300 e 500 unidades de medida (UD é a unidade de medida da espessura da camada de ozônio).

Essa diminuição da concentração ocorre devido a alguns tipos de gases que reagem destruindo a molécula de ozônio e gerando esse desgaste da camada. Essas substâncias são utilizadas pelo homem em diversas atividades como refrigeração doméstica, comercial, industrial e automotiva, na produção de espumas, na agricultura, em laboratórios e também como matéria-prima de vários processos industriais. Essas substâncias são: clorofluorcarbonos (CFC's), hidroclorofluorcarbonos (HCFC's), halons (hidrocarbonetos halogenados), brometo de metila, tetracloreto de carbono (CTC), metilclorofórmio e hidrobromofluorcarbonos (HBFC's).

De todas as substâncias citadas as mais nocivas são os CFC's. Abaixo podemos ver como ele reage com o ozônio destruindo sua molécula:



Existem dois tratados internacionais que dizem respeito à camada de ozônio. O primeiro foi a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio que contribuiu para o surgimento do Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio. A Convenção de Viena é um tratado que enuncia uma série de princípios relacionados em promover a proteção do ozônio na estratosfera. O Protocolo de Montreal impôs obrigações específicas em especial a progressiva produção e consumo das substâncias que destroem a camada de ozônio até a sua total eliminação.

Os 5 R's (reduzir, reutilizar, reciclar, recusar e repensar)

O consumo desenfreado de recursos naturais e a alta taxa de poluição colocam vários elementos essenciais para vida na Terra em risco. Para amenizar esses impactos foram criados diversos programas de gestão ambiental. Entre eles, está o Princípio dos 5 R's (Reduzir, reutilizar, reciclar, recusar e repensar), que busca o ideal de prevenção e não geração de resíduos, padrões de consumo sustentável, visando poupar os recursos naturais e evitar o desperdício.



1) Em 2011, uma falha no processo de perfuração realizado por uma empresa petrolífera ocasionou derramamento de petróleo na bacia hidrográfica de Campos, no Rio de Janeiro. Os impactos decorrentes desse derramamento ocorrem porque os componentes do petróleo

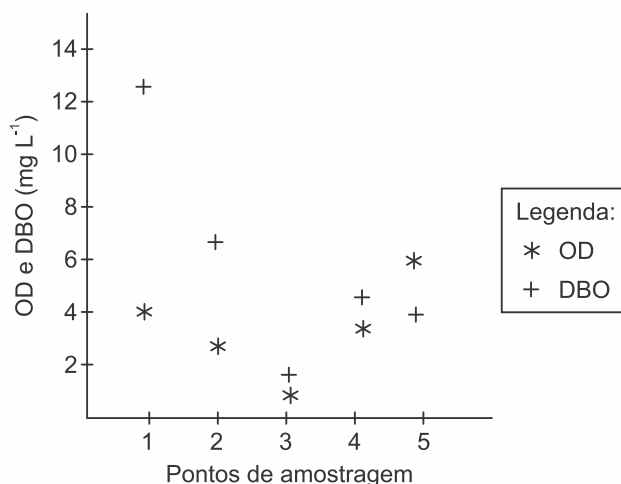
- a) reagem com a água do mar e sofrem degradação, gerando compostos com elevada toxicidade.
- b) acidificam o meio, promovendo o desgaste das conchas calcárias de moluscos e a morte de corais.
- c) dissolvem-se na água, causando a mortandade dos seres marinhos por ingestão da água contaminada.
- d) têm caráter hidrofóbico e baixa densidade, impedindo as trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera.
- e) têm cadeia pequena e elevada volatilidade, contaminando a atmosfera local e regional em função dos ventos nas orlas marítimas.

2) O Protocolo de Montreal é um tratado internacional que diz respeito à defesa do meio ambiente. Uma de suas recomendações é a redução da utilização de substâncias propelentes, como os CFCs (Cloro-Flúor-Carbono), em aerossóis e aparelhos de refrigeração.

Essa recomendação visa

- a) evitar a chuva ácida.
- b) prevenir a inversão térmica.
- c) preservar a camada de ozônio.
- d) controlar o aquecimento global.
- e) impedir a formação de ilhas de calor.

3) Pesquisadores coletaram amostras de água de um rio em pontos diferentes, distantes alguns quilômetros um do outro. Ao longo do rio, há locais de águas limpas, como também locais que recebem descarga de esgoto de área urbana, e locais onde há decomposição ativa com ausência de peixes. Os pesquisadores analisaram dois parâmetros: oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em cada ponto de coleta de água, obtendo o gráfico:



O OD é proveniente da atmosfera e da fotossíntese que ocorre no curso-d'água e sua concentração é função das variáveis físicas, químicas e bioquímicas locais. A DBO é a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos em condições aeróbicas para degradar uma determinada quantidade de matéria orgânica, durante um período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

Qual ponto de amostragem da água do rio está mais próximo ao local em que o rio recebe despejo de esgoto?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

SOBREVIVEREMOS NA TERRA?

Tenho interesse pessoal no tempo. Primeiro, meu *best-seller* chama-se *Uma breve história do tempo*.

¹Segundo, por ser alguém que, aos 21 anos, foi informado pelos médicos de que teria apenas mais cinco anos de vida e que completou 76 anos em 2018. Tenho uma aguda e desconfortável consciência da passagem do tempo. Durante a maior parte da minha vida, convivi com a sensação de que estava fazendo hora extra.

Parece que nosso mundo enfrenta uma instabilidade política maior do que em qualquer outro momento. Uma grande quantidade de pessoas sente ter ficado para trás. ²Como resultado, temos nos voltado para políticos populistas, com experiência de governo limitada e cuja capacidade para tomar decisões ponderadas em uma crise ainda está para ser testada. A Terra sofre ameaças em tantas frentes que é difícil permanecer otimista. Os perigos são grandes e numerosos demais. O planeta está ficando pequeno para nós. Nossos recursos físicos estão se esgotando a uma velocidade alarmante. A mudança climática foi uma trágica dádiva humana ao planeta. Temperaturas cada vez mais elevadas, redução da calota polar, desmatamento, superpopulação, doenças, guerras, fome, escassez de água e extermínio de espécies; todos esses problemas poderiam ser resolvidos, mas até hoje não foram. O aquecimento global está sendo causado por todos nós. Queremos andar de carro, viajar e desfrutar um padrão de vida melhor. Mas quando as pessoas se derem conta do que está acontecendo, pode ser tarde demais.

Estamos no limiar de um período de mudança climática sem precedentes. No entanto, muitos políticos negam a mudança climática provocada pelo homem, ou a capacidade do homem de revertê-la. O derretimento das calotas polares ártica e antártica reduz a fração de energia solar refletida de volta no espaço e aumenta ainda mais a temperatura. A mudança climática pode destruir a Amazônia e outras florestas tropicais, eliminando uma das principais ferramentas para a remoção do dióxido de carbono da atmosfera. A elevação da temperatura dos oceanos pode provocar a liberação de grandes quantidades de dióxido de carbono. Ambos os fenômenos aumentariam o efeito estufa e exacerbariam o aquecimento global, tornando o clima em nosso planeta parecido com o de Vênus: atmosfera escaldante e chuva ácida a uma temperatura de 250 °C. A vida humana seria impossível. Precisamos ir além do Protocolo de Kyoto – o acordo internacional adotado em 1997 – e cortar imediatamente as emissões de carbono. Temos a tecnologia. Só precisamos de vontade política.

Quando enfrentamos crises parecidas no passado, havia algum outro lugar para colonizar. Estamos ficando sem espaço, e o único lugar para ir são outros mundos. Tenho esperança e fé de que nossa engenhosa raça encontrará uma maneira de escapar dos sombrios grilhões do planeta e, deste modo, sobreviver ao desastre. A mesma providência talvez não seja possível para os milhões de outras espécies que vivem na Terra, e isso pesará em nossa consciência.

Mas somos, por natureza, exploradores. Somos motivados pela curiosidade, essa qualidade humana única. Foi a curiosidade obstinada que levou os exploradores a provar que a Terra não era plana, e é esse mesmo impulso que nos leva a viajar para as estrelas na velocidade do pensamento, instigando-nos a realmente chegar lá. E sempre que realizamos um grande salto, como nos pousos lunares, exaltamos a

humanidade, unimos povos e nações, introduzimos novas descobertas e novas tecnologias. Deixar a Terra exige uma abordagem global combinada – todos devem participar.

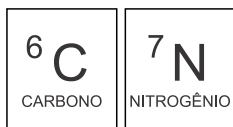
4) Várias mudanças ambientais interferem no ciclo biogeoquímico do carbono. Sabe-se que a maior parte desse elemento está armazenada nas rochas e sedimentos da crosta terrestre, como indica a tabela.

PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DE CARBONO NA TERRA	PORCENTAGEM DO TOTAL DE CARBONO NA TERRA (%)
Rochas e sedimentos	> 99,5
Oceanos	0,05
Biosfera terrestre	0,003
Biosfera aquática	0,000002
Combustíveis fósseis	0,006
Hidratos de metano	0,014

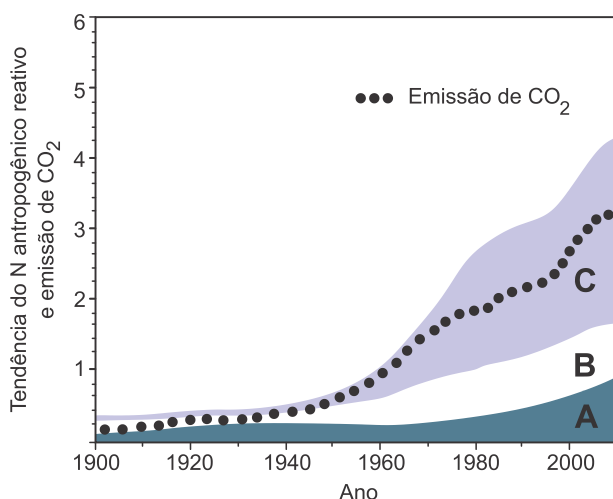
A exploração intensa dos recursos naturais acelera o processo de conversão do carbono encontrado em rochas e sedimentos, em compostos de carbono que circulam nos outros reservatórios. Uma consequência desse processo é:

- a) redução da eutrofização
- b) aumento do efeito estufa
- c) aumento da camada de ozônio
- d) redução da fixação de nitrogênio

5)



O provocativo artigo intitulado, em tradução livre, “O nitrogênio é o próximo carbono?”, publicado em 2017, enfatiza, já no início, que, assim como o carbono abasteceu a revolução industrial, o nitrogênio teria abastecido a revolução na agricultura (a dita “revolução verde”), o que continuaria ocorrendo nos dias atuais. O gráfico a seguir mostra o crescimento do nitrogênio antropogênico reativo em comparação com o crescimento da emissão de CO_2 , apontando para um futuro de potenciais problemas ambientais.



Levando em conta o comentário sobre o artigo e os dados do gráfico, marque a alternativa correta sobre o que representam as faixas A, B e C.

- a) A: uso de fertilizantes, B: fixação do nitrogênio e C: emissão de NO_x .
 b) A: uso de fertilizantes, B: emissão de NO_x e C: fixação do nitrogênio.
 c) A: emissão de NO_x , B: uso de fertilizantes e C: fixação do nitrogênio.
 d) A: fixação do nitrogênio, B: emissão de NO_x e C: uso de fertilizantes.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Texto 1

A Química Verde é uma área multidisciplinar que cria, desenvolve e aplica produtos e processos químicos que visam à redução ou eliminação do uso e da geração de substâncias nocivas ao meio ambiente e ao homem. Em 2019, para reunir várias ações relativas à Química Verde, os pesquisadores Paul T. Anastas e Julie B. Zimmerman propuseram a Tabela Periódica dos Elementos Figurativos da Química Verde e Sustentável – TPQVS (figura abaixo). Assim como na Tabela Periódica dos Elementos Químicos, a TPQVS apresenta “elementos”, os quais, porém, representam ações associadas aos preceitos da Química Verde, sendo que cada grupo (G) da TPQVS reúne ações com os mesmos preceitos.

Elementos humanitários		Elementos da Química Verde e da Engenharia Verde										Elementos de habilitação das condições de sistema					Elementos nobres	
1 A																		2 Ho
3 CW	4 Dd												5 B	6 Cb	7 Ae	8 Pr	9 Ea	10 P
11 Sw	12 Fg	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	13 Ce	14 Fc	15 Ef	16 Pb	17 Aa	18 Lp	
19 Bf	20 Tc	21 Wu	22 Sa	23 Ru	24 Dg	25 Aq	26 Ee	27 Ib	28 E	29 Bm	30 Sn	31 Bd	32 Hc	33 Ff	34 Ct	35 Lc	36 Z	
37 J	38 Cs	39 Op	40 Ip	41 Gc	42 Cm	43 Il	44 R	45 C	46 Ac	47 Md	48 Co	49 Ie	50 Dc	51 Ql	52 Cl	53 So	54 Fi	
55 Pc	56 Ic	57 Pi	58 As	59 Ch	60 Ba	61 Sc	62 Es	63 Sb	64 Ht	65 Dp	66 Ex	67 Tg	68 Rf	69 Qn	70 Se	71 Cf	72 De	
73 Wo	74 Nc	75 Ss	76 W	77 Is	78 Ts	79 S	80 V	81 Bt	82 Hm	83 Pd	84 Ga	85 Be	86 Ci	87 Bb	88 I	89 Et	90 K	

G1 - Prevenção de resíduos
 G2 - Economia atômica
 G3 - Síntese menos perigosa
 G4 - Design molecular
 G5 - Solventes/auxiliares

G6 - Energia
 G7 - Matérias-primas renováveis
 G8 - Catálise
 G9 - Degradação
 G10 - Medição e conscientização

Texto 2

“A Química é pura beleza;
 Os átomos e as moléculas são a realeza,
 reagindo no compasso da natureza
para transformar o mundo com delicadeza.

Sou um simples menestrel da ciência
 que defende suas ideias com veemência.
 Como Químico, quero atuar com sapiência,
desenvolvendo processos de alta eficiência.

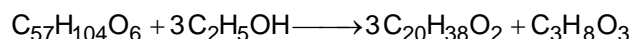
A Química não é mais poluição;
para o fóssil ela tem a substituição;
renovando o verde como solução.

Vivemos num tempo de ambiguidade,
onde a terra, a água e o ar estão em vulnerabilidade.
Façamos da Química o caminho para a sustentabilidade”

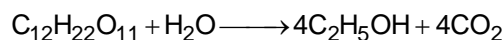
(MOTA, Claudio J. A. *Conferência de Abertura da 45ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, 2022.)

6) Um dos princípios da Química Verde, ilustrado por um dos grupos na TPQVS (texto I), é a economia atômica, dada pela razão da massa do produto de interesse pela massa total dos reagentes, sendo que quanto mais próximo de 1 é seu valor, maior é a economia atômica. Considerando as reações de produção dos dois principais biocombustíveis utilizados no contexto brasileiro,

Síntese do biodiesel:



Síntese do etanol:



pode-se afirmar que há uma maior economia de átomos e

Dados de Massa Molar (g/mol): $C_{57}H_{104}O_6 = 884$; $C_2H_5OH = 46$; $C_{20}H_{38}O_2 = 310$; $C_3H_8O_3 = 92$; $C_{12}H_{22}O_{11} = 342$; $H_2O = 18$; $CO_2 = 44$

- maior geração de subprodutos (mol de subprodutos/ mol de substrato) na síntese do etanol.
- menor geração de subprodutos (mol de subprodutos/ mol de substrato) na síntese do etanol.
- maior geração de subprodutos (mol de subprodutos/ mol de substrato) na síntese do biodiesel.
- menor geração de subprodutos (mol de subprodutos/ mol de substrato) na síntese do biodiesel.

7) Vem despertando interesse e preocupação nas autoridades e na opinião pública mundial o aumento gradativo da temperatura média da Terra, em consequência do aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEEs), principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nítrico (N_2O), provenientes de atividade industrial, agrícola e de transportes, e isto em função do uso de combustíveis fósseis. Este aquecimento global pode ter consequências graves para o planeta e para sua população.

MOREIRA, H.M.; GIOMETTI, A.B.R.dos. O Protocolo de Quioto e as Possibilidades de Inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de Projetos em Energia Limpa. *Contexto Internacional*. Rio de Janeiro, v. 30, n.1, p. 9-47. jan. /abr. 2008.

A comunidade internacional, para atingir o objetivo de alcançar a estabilização das concentrações de GEEs na atmosfera em nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático, adotou como principal estratégia o

- Mecanismo de Energia Térmica (MTE).
- Painel de Efeitos Estufas Controlados (MGE).
- Mecanismo de Chuva Ácida Excedente (MEF).
- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).
- Painel dos Padrões Climáticos Mundiais (PPC).

8) Conforme Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE, edição de 2017, os resíduos sólidos domiciliares da metade dos municípios brasileiros são destinados a lixões abertos e praticamente um quarto para aterros controlados e aterros sanitários. Nos aterros sanitários, pautados nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o solo é previamente tratado, nivelado e selado com argila e manta de polietileno de alta densidade (PEAD). O resíduo aterrado é coberto por argila compactada. A função da selagem com argila e manta de PEAD no aterro sanitário é:

- a) permitir a reciclagem ou o reuso do resíduo.
- b) permitir acesso ao resíduo pelos decompositores.
- c) promover condições para a incineração do resíduo.
- d) impedir o vazamento do chorume e a contaminação de lençóis freáticos.
- e) drenar o gás metano e o gás carbônico produzidos na decomposição do resíduo.

9) A Química Verde é um ramo da Química que busca diminuir ou eliminar o uso de substâncias que promovem poluição, bem como recuperar a qualidade do meio ambiente. Foi definida pela primeira vez, em 1991, por John Warner e Paul Anastas, membros da agência ambiental norte-americana *Environmental Protection Agency* (EPA). De acordo com a Química Verde, é obrigatório

- I. utilizar reagentes não renováveis e diminuir a perda de materiais.
- II. aprimorar processos naturais de síntese.
- III. desenvolver condições para que as reações químicas tenham maior rendimento e produzam menos impurezas.

Estão corretas as complementações contidas em

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

10) "No episódio ocorrido em Brumadinho, aproximadamente 125 hectares de florestas foram perdidos, o equivalente a mais de um milhão de metros quadrados ou 125 campos de futebol, deixando mortos e desaparecidos."

Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/01/30/impacto-ambiental-da-tragedia-de-brumadinho-sera-sentidopor-anos-diz-fundo-mundial-para-a-natureza.ghtml>. Acesso em: 10 jun. 2021.

(Adaptado)

Dos impactos ambientais e sociais que a queda da barragem na cidade de Brumadinho-MG causou, verifica-se que

- I. afetou o abastecimento de água em alguns municípios.
- II. aumentou o nível de metais pesados na água, como o chumbo, o níquel e o vanádio.
- III. diminuiu a disponibilidade de oxigênio na água.
- IV. deixou a água contaminada, cujo uso servirá para irrigação.

Assinale a alternativa que apresenta as afirmativas corretas.

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

11) "Infelizmente, a poluição por mercúrio na Amazônia é ignorada apesar das crescentes evidências dos perigos que representa para as pessoas e a vida selvagem ao longo do sistema fluvial. (...) Além disso, as vítimas mais vulneráveis são os povos indígenas e as comunidades locais, além de milhares de espécies únicas desse bioma."

Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/informacoes/noticias_meio_ambiente_e_natureza/?uNewsID=68585>.

Acesso em: 1 out. 2020. Adaptado.

A principal fonte de contaminação por mercúrio na Amazônia é a mineração de ouro artesanal de pequena escala extraído na região. Nessa atividade, o mercúrio é usado na purificação do ouro por meio do processo físico de separação denominado

- a) peneiração
- b) centrifugação
- c) decantação
- d) levigação
- e) destilação

12) A destilação é um processo utilizado para separar compostos presentes em uma mistura com base nas suas propriedades físicas como, por exemplo, a diferença de temperatura de ebulição, a uma dada pressão, entre os componentes da mistura.

Recentemente esse termo passou a figurar em estudos de poluição ambiental, nos quais o termo "destilação global" é utilizado para explicar a presença de compostos voláteis, como os pesticidas organoclorados, em águas e gelos de regiões polares, ainda que estes compostos nunca tenham sido produzidos ou utilizados nessas regiões. Com base no princípio da técnica da destilação, como pode ser explicada a presença desses pesticidas na Antártica e no Ártico?

- a) Eles são destilados nas águas aquecidas dos oceanos elevados pelas correntes marinhas para as regiões polares, onde se precipitam devido às águas frias dessas regiões.
- b) Eles evaporam nas regiões mais quentes e são levados pelas correntes atmosféricas para regiões mais frias como os polos, onde se condensam e voltam para a superfície.
- c) Após destilados, eles se tornam resistentes à degradação, de forma que alcançam todo o planeta, pela ação de correntes marinhas, inclusive as regiões polares.
- d) Os pesticidas organoclorados destilados, por conta da eletronegatividade dos átomos de cloro, têm afinidade com o gelo, o que faz com que eles se acumulem na Antártica ou no Ártico.
- e) Por serem hidrofílicos, eles são condensados juntamente com a água nas regiões quentes do planeta e se precipitam nos polos juntamente com o gelo.

13) O engenheiro químico brasileiro Sérgio Campos Trindade faleceu no dia 18 de março de 2020, aos 79 anos, em Nova Iorque (Estados Unidos da América), em decorrência de complicações associadas à Covid-19. Grande incentivador da energia renovável, Trindade atuava como consultor em negócios sustentáveis. Era membro do Comitê Científico para Problemas do Ambiente (*Scope*, na sigla em inglês) – agência intergovernamental associada à Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura (Unesco), na qual atuou em parceria com pesquisadores do Programa FAPESP de Pesquisa em Bioenergia (BIOEN). Recebeu em 2007 o Prêmio Nobel da Paz ao lado de outros integrantes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Em seu último artigo, publicado no *Journal Biofuels*, Trindade faz uma revisão das principais conclusões do relatório *Scope* e apresenta uma série de ideias sobre como avançar na expansão sustentável da bioenergia.

Analise as afirmativas:

- I. O uso da bioenergia representa uma alternativa sustentável ao uso de fontes não renováveis, que causam inúmeros impactos deletérios ao meio ambiente.
- II. O bioetanol, o biodiesel, a biomassa e o gás natural são produzidos a partir da bioenergia.
- III. O uso de combustíveis provenientes da bioenergia reduz a emissão de gases como o dióxido de carbono ($\text{CO}_{2(g)}$), um dos responsáveis do efeito estufa.
- IV. Uma amostra de água de chuva com concentração de íons OH^- igual a 10^{-5} mol/L é classificada como uma solução ácida.

Está incorreto o que se afirma apenas em:

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

14) Justiça proíbe construção de unidade para armazenar rejeito das usinas de Angra

A Eletronuclear está impedida de executar a transferência de lixo atômico das usinas nucleares de Angra1 e Angra 2, em Angra dos Reis (RJ), para um novo depósito dentro do complexo das usinas nucleares. A suspensão da transferência do lixo radioativo foi determinada pela Justiça Federal a pedido do Ministério Público.

Atualmente, o urânio enriquecido de alta radiação fica armazenado em duas piscinas de rejeitos situadas ao lado do reator, uma área considerada mais reforçada da estrutura. No entanto, essas piscinas chegarão ao limite da capacidade em 2021. Elas armazenam o material desde a inauguração das usinas, em 1972 e 2001.

As alegações do Ministério Público, na ação movida na Justiça Federal, têm como justificativa os problemas ambientais causados pelo lixo atômico das usinas de Angra, comuns por esse tipo de descarte.

A partir desses problemas, é correto afirmar que

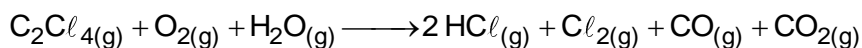
- a) o urânio presente no lixo sofre fusão nuclear capaz de poluir rios e deixar terrenos totalmente inférteis.
- b) o contato com o lixo radioativo está diretamente associado à emissão de partículas gama que geram diversos tipos de câncer.
- c) o lixo gerado pelo urânio ocasiona emissão de radiação por várias décadas e pode tornar o terreno impróprio para cultivo.
- d) o descarte em mares e em oceanos é o mais seguro, pois são piscinas naturais que impedem o contágio humano.

15) Com o aumento da população de suínos no Brasil, torna-se necessária a adoção de métodos para reduzir o potencial poluidor dos resíduos dessa agroindústria, uma vez que, comparativamente ao esgoto doméstico, os dejetos suínos são 200 vezes mais poluentes. Sendo assim, a utilização desses resíduos como matéria-prima obtenção de combustíveis é uma alternativa que permite diversificar a matriz energética nacional, aomesmo tempo em que parte dos recursos hídricos do país são preservados.

O biocombustível a que se refere o texto é o

- a) etanol.
- b) biogás.
- c) butano.
- d) metanol.
- e) biodiesel.

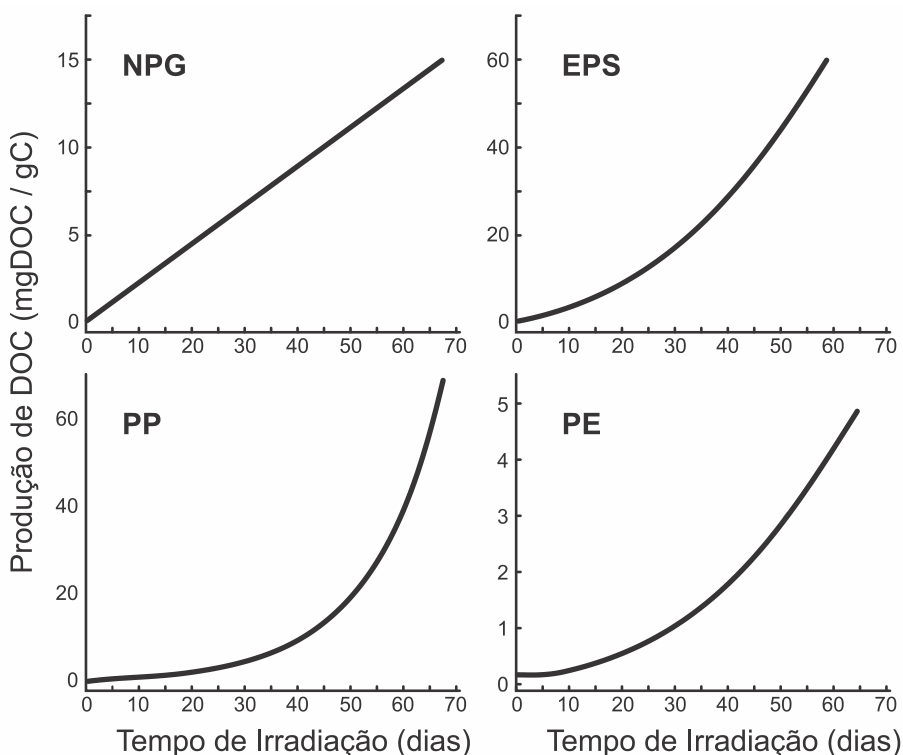
16) O solvente tetracloroetano ou percloroetileno é largamente utilizado na indústria de lavagem a seco e em diversas outras indústrias, tais como a de fabricação de gases refrigerantes. Os vapores desse solvente, quando expostos à elevada temperatura na presença de oxigênio e água, sofrem degradação produzindo gases poluentes, conforme representado pela equação:



Os produtos dessa degradação, quando lançados no meio ambiente, contribuem para a

- a) elevação do pH do solo.
- b) formação de chuva ácida.
- c) eutrofização de mananciais.
- d) elevação dos níveis de ozônio na atmosfera.
- e) formação de óxidos de enxofre na atmosfera.

17) Um estudo recente avaliou como determinados plásticos se degradam na água do mar quando expostos à luz ultravioleta. Os plásticos estudados foram: NPG (plásticos diversos do Giro do Pacífico Norte), EPS (poliestireno expandido), PP (polipropileno) e PE (polietileno). Considerando que somente 2% do plástico despejado no mar está à deriva, esse estudo tentou descobrir para onde vão os microplásticos no ambiente marinho. Um dos resultados do estudo é mostrado nos gráficos abaixo. Nesses gráficos, observam-se as produções de carbono orgânico dissolvido (DOC) por grama de carbono na amostra de plástico utilizado. O DOC foi identificado como o maior subproduto da fotodegradação de plásticos.



Os resultados mostram que

- a) para os quatro plásticos, a velocidade de degradação aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do PP.
- b) para três plásticos, a velocidade de degradação aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do EPS.
- c) para apenas um plástico, a velocidade de degradação não aumenta com o tempo de exposição; após 50 dias, a maior degradação foi a do PP.
- d) duas velocidades de degradação aumentam com o tempo e duas permanecem constantes; após 50 dias, a maior degradação foi a do EPS.

18) Grandes reservatórios de óleo leve de melhor qualidade e que produz petróleo mais fino foram descobertos no litoral brasileiro numa camada denominada pré-sal, formada há 150 milhões de anos.

A utilização desse recurso energético acarreta para o ambiente um desequilíbrio no ciclo do

- a) nitrogênio, devido à nitrificação ambiental transformando amônia em nitrito.
- b) nitrogênio, devido ao aumento dos compostos nitrogenados no ambiente terrestre.
- c) carbono, devido ao aumento dos carbonatos dissolvidos no ambiente marinho.
- d) carbono, devido à liberação das cadeias carbônicas aprisionadas abaixo dos sedimentos.
- e) fósforo, devido à liberação dos fosfatos acumulados no ambiente marinho.

19) Mega espetáculos com queima de grande quantidade de fogos de artifício em festas de final de ano são muito comuns no Brasil. Após a queima, grande quantidade de material particulado permanece suspensa no ar. Entre os resíduos, encontram-se compostos de sódio, potássio, bário, cálcio, chumbo, antimônio, cromo, além de percloratos e gases, como os dióxidos de nitrogênio e enxofre.

BRUNNING, A. *The Chemistry of Firework Pollution*. Disponível em: www.compoundchem.com. Acesso em: 1 dez. 2017. (adaptado).

Esses espetáculos promovem riscos ambientais, porque

- a) as substâncias resultantes da queima de fogos de artifício são inflamáveis.
- b) os resíduos produzidos na queima de fogos de artifício ainda são explosivos.
- c) o sódio e o potássio são os principais responsáveis pela toxicidade do produto da queima.
- d) os produtos da queima contêm metais pesados e gases tóxicos que resultam em poluição atmosférica.
- e) o material particulado gerado se deposita na superfície das folhas das plantas impedindo os processos de respiração celular.

20) A enorme quantidade de resíduos gerados pelo consumo crescente da sociedade traz para a humanidade uma preocupação socioambiental, em especial pela quantidade de lixo produzido. Além da reciclagem e do reuso, pode-se melhorar ainda mais a qualidade de vida, substituindo polímeros convencionais por polímeros biodegradáveis.

Esses polímeros têm grandes vantagens socioambientais em relação aos convencionais porque

- a) não são tóxicos.
- b) não precisam ser reciclados.
- c) não causam poluição ambiental quando descartados.
- d) são degradados em um tempo bastante menor que os convencionais.
- e) apresentam propriedades mecânicas semelhantes aos convencionais.



GABARITOS

1) D

2) C

3) A

4) B

5) D

6) D

7) D

8) D

9) B

10) C

11) D

12) B

13) E

14) C

15) B

16) B

17) B

18) D

19) D

20) D

Referencial Teórico:

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Coleção de Química: Parte 01, Parte 02 e Parte 03.** São Paulo: Editora Atica, 2014.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente Química, Ciências, Tecnologia & Sociedade.** São Paulo: Editora FTD S.A., 2001, 624 p.

TITO CANTO. **Química na abordagem do cotidiano, volume 1**, 5ª edição, ed moderna, São Paulo, 2009.

FELTRE, R. **Química Geral.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

FELTRE, R. **Físico-Química.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

FELTRE, R. **Química Orgânica.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

USBERCO, João; Salvador, Edgard. **Química Geral.** 12ª.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

LEMBO, Antonio; Groto,Robson. **Química - Geral e Orgânica.** 2010.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central.** 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

ATKINS, Peter W.; JONES, Loretta. **Princípios de Química: questionando a vida moderna o meio ambiente.** 3 ed. Guanabara Koogan, 2006

MENDES, Aristênio. **Elementos de Química Inorgânica,** Fortaleza, 2005.

LEE, JD **Química Inorgânica: não tão Concisa.** Ed. Edgard Blucher Editio, 1ª.ed, 2003.

SOLOMONS, ,T.w. Graham. **Química Orgânica, 10ª edição, LTC,** 2012

LEHNINGER, AL; NELSON, DL e COX, MM. **Princípios de Bioquímica.** Ed. Artmed, 6ª.ed 2014.