## INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos vem causando um desequilíbrio na relação dos seres humanos com a natureza, acarretando em sérias consequências ao meio ambiente.

Dentre eles, destacam-se a chuva ácida, o aquecimento global, o "buraco" na camada de ozônio e o problema do lixo.

## CHUVA ÁCIDA

A atmosfera é composta basicamente por nitrogênio (71%), oxigênio (28%) e outros gases (1%), tais como argônio (Ar) e gás carbônico ($CO_2$), além de vapor d'água ($H_2O$).

Nos locais onde há um certo nível de poluição, sobretudo em centros urbanos e industriais, outras substâncias passam a integrar o ar atmosférico, tais como os anidridos sulfúrico e sulforoso, $SO_3$ e $SO_2$; monóxido de nitrogênio e dióxido de nitrogênio, NO e $NO_2$; fuligem (C); por exemplo.

Dentre as substâncias citadas, os óxidos são aqueles que irão causar o problema ambiental denominado chuva ácida.



Uma das consequências da chuva ácida é a corrosão de monumentos à base de calcário

Naturalmente, a chuva já apresenta caráter ácido devido à presença de $CO_2$ na atmosfera. O $CO_2$ reage com a água presente na atmosfera produzindo ácido carbônico ($H_2CO_3$). A presença desse ácido, que é fraco, faz com que o pH da chuva esteja na faixa de 5,6 (o que torna água levemente ácida) devido à sua ionização.

Essa reação é representada por um equilíbrio, uma vez que o ácido carbônico é instável:

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$$

A emissão de óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera, proveniente da atividade industrial e queima de combustíveis fósseis, intensifica a acidez da chuva.

O dióxido de enxofre é oxidado pelo oxigênio presente na atmosfera, levando a formação de $SO_3$, que, em contato com a água, forma ácido sulfúrico, $H_2SO_4$.

$$SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$$
$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

Já a formação de $NO_2$ se dá a partir da ação de raios e descargas elétricas sobre os gases nitrogênio e hidrogênio:

$$N_2 + O_2 \rightarrow 2\ NO$$
$$2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$$
$$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$$

Além dos gases citados, o aumento da emissão de $CO_2$ pela queima de combustíveis fósseis também tem contribuído para o aumento da acidez da água da chuva.



A atividade industrial é uma das responsáveis pelo aumento da emissão de $SO_2$ na atmosfera

Os ácidos nítrico e nitroso, $HNO_3$ e $HNO_2$, respectivamente, intensificam a acidez da chuva.

Os principais problemas causados pela chuva ácida são:

- Corrosão de monumentos à base de calcário ($CaCO_3$);
- Alteração do pH dos rios, impactando ecossistemas aquáticos, aumentando mortandade e dificultando a reprodução;
- Alteração do pH dos solos das florestas, atingindo a fauna e flora local;
- Nos seres humanos, pode causar problemas respiratórios e imunológicos.
- Destruição de lavouras, o que gera impacto na economia e aumento dos preços de produtos.



Impacto sobre a fauna e flora é um dos problemas causados pela chuva ácida

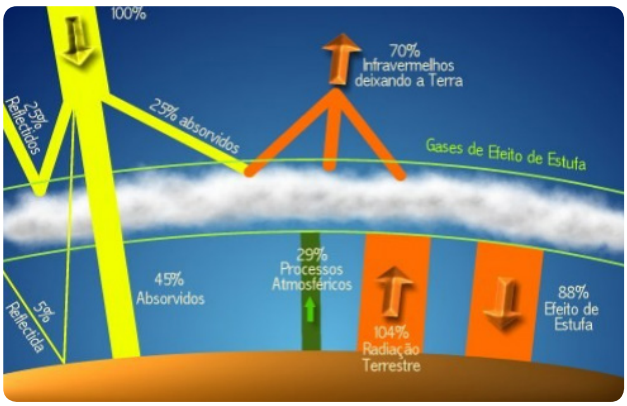
A estimativa é que o homem lance na atmosfera cerca de 100 milhões de toneladas de $SO_2$ e 70 milhões de toneladas de óxidos nítricos por ano. A principal forma de combater o problema da chuva ácida é reduzir a emissão de combustíveis fósseis.

## EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é um fenômeno natural, responsável por manter a temperatura média da Terra, permitindo a existência da vida. Sem esse fenômeno, a vida tal como conhecemos, não existiria.

O planeta Terra é constantemente atingindo por radiação infravermelha (IV) presente nos raios solares. A Terra, por sua vez, tenderia a irradiar toda essa energia de volta para a superfície, mas não o faz devido a presença da atmosfera, composta de gases denominados estufa. Assim, a radiação tem dificuldade em voltar ao espaço.

Os gases estufa absorvem parte dessa radiação, retendo-a. Dessa maneira, a superfície recebe energia, ficando mais quente do que estaria sem a presença desses gases na atmosfera. Os principais gases estufa são gás carbônico, $CO_2$, vapor d'água, $H_2O$, e metano, $CH_4$. Na verdade, todo gás que é emitido a atmosfera e que tenha a capacidade de absorver radiação, pode atuar como um gás estufa.




Fonte: http://educar.sc.usp.br

Sem o efeito estufa, a Terra teria uma temperatura média de 10ºC, o que inviabilizaria a existência de vida. Assim, o efeito estufa é um fenômeno natural e imprescindível a vida. O grande problema, é que, devido a atividade antrópica, o efeito vem sendo intensificado, causando o problema ambiental denominado aquecimento global.

## AQUECIMENTO GLOBAL

Quando há excesso de emissão de gases estufa mais energia é retida a partir da radiação, o que leva à um maior aquecimento da Terra. A tendência, com o passar dos anos, é o que efeito estufa se intensifique cada vez mais, levando ao aumento da temperatura média da Terra.

O efeito estufa tem se intensificado pelo aumento da emissão de gases estufa na atmosfera, devido à ação antrópica.

Gases que intensificam o efeito estufa:

- **Gás Carbônico ($CO_2$)** → É emitido via fontes naturais como respiração, decomposição de plantas e animais e queimadas das florestas, e fontes não naturais como queima de combustíveis fósseis, desmatamento e queima da biomassa.
- **Metano ($CH_4$)** → é o segundo gás de importância na "estufa gasosa". As principais fontes são arrozais, pântanos, gás natural e queima da biomassa. A permanência do metano na atmosfera é cerca de 10 anos, mas em termos de aquecimento, esse gás é 20 vezes mais potente que o $CO_2$.
- **Clorofluorcarbonetos (CFC's)** → São grupos de componentes produzidos artificialmente, formado por moléculas de metano ou etano com a substituição de hidrogênio por átomos de cloro e flúor. Os principais são $CC\ell_3F$ e $CC\ell F_2$. Esse gás era muito utilizado em aerossóis e em sistemas de refrigeração, por exemplo. A potência dos CFCs como gás-estufa é 10 mil vezes maior que o $CO_2$.
- **Hexafluoreto de Enxofre ($SF_6$)** → Esse gás tem potencial-estufa cerca de 25 mil vezes maior que o $CO_2$ e tempo de vida médio de 2 anos. É utilizado como isolante em instalações elétricas, transformadores e cabos subterrâneos.

O aquecimento global, por causar o aumento da temperatura média da Terra, tem como consequência:

- Derretimento das calotas polares, causando o aumento dos níveis dos oceanos, podendo provocar inundações em cidades e alagamentos em ilhas;
- Desvio do curso de correntes marítimas, atingindo os ecossistemas marinhos;
- Maior ocorrência de furacões, tufões, enchentes e maremotos;
- Alterações nos ciclos de chuva, causando seca ou excesso de chuva;
- A seca poderá tornar a terra árida e imprópria para o cultivo, afetando a produção de alimentos; poderá ocorrer também o fenômeno da (desertificação);
- A falta de chuva poderá causar esgotamento das hidrelétricas, afetando a disponibilidade de energia elétrica;
- Ocorrência de incêndios em florestas;
- Maior incidência de câncer de pele na população, causado pelo aumento da radiação incidente.

Tendo em vista os inúmeros problemas causados pela intensificação do efeito estufa, percebe-se a importância de minimizar o impacto desse fenômeno, e o caminho é a redução da emissão de gases estufa na atmosfera pela atividade antrópica, reduzindo a queima de combustíveis fósseis, por exemplo.

## CAMADA DE OZÔNIO

A camada de ozônio é uma fina camada contendo gás ozônio, $O_3$, localizada, na estratosfera, e é a responsável por absorver uma quantidade significativa de radiação ultravioleta, radiação esta nociva aos seres vivos.

A destruição dessa camada a partir de atividades humanas veio crescendo ao longo dos anos pela emissão de gases pouco reativos que apresentam cloro, chamados de CFC's, o que fez com que estes se acumulassem na baixa atmosfera. Quando os CFC's entram em contato com a estratosfera, sofrem ação dos raios ultravioleta, o que leva à formação de radicais livres.

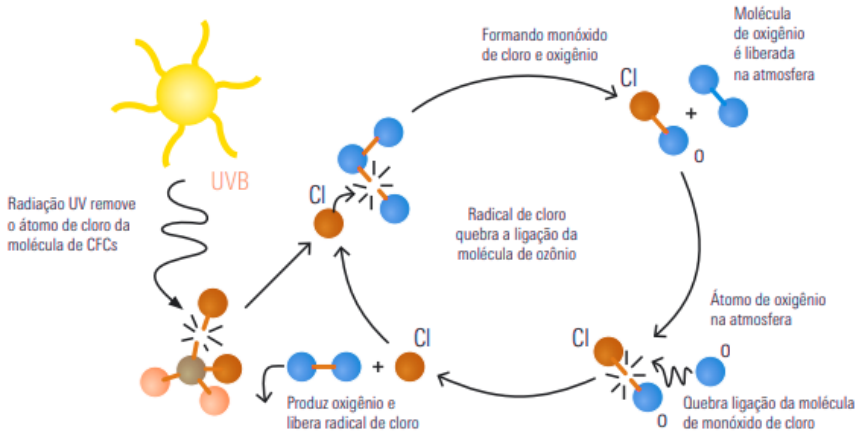
**PROEXPLICA**

Os CFCs são gases oriundos da utilização de aerossóis, muito utilizado em sistemas de refrigeração. Atualmente, seu uso é proibido em diversos países.

Esses radicais livres reagem com o ozônio, formando uma molécula de $O_2$ e uma de óxido de cloro. O $C\ell O$ não tem uma duração longa, então, reage com um átomo de O livre, liberando outro radical livre que destrói outra molécula de ozônio.

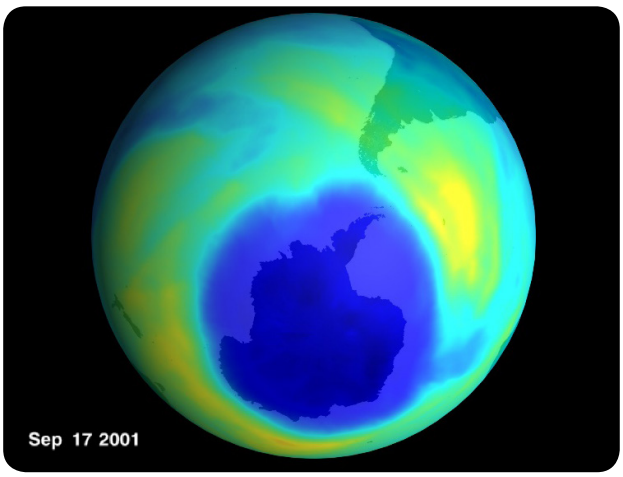
$$C\ell + O_3 \rightarrow C\ell O + O_2$$
$$C\ell O + O \rightarrow C\ell + O_2$$
$$O_3 + O \rightarrow 2\,O_2$$

Essa reação, por ser irreversível, faz com que o ozônio atacado pelo oxigênio nascente não possa ser recuperado, contribuindo para a destruição da camada de ozônio.




Mecanismo de destruição da Camada de Ozônio

Os CFCs são extremamente nocivos, pois um único radical livre de cloro é capaz de destruir cerca de 100 mil moléculas de ozônio. A destruição gradual da camada de ozônio faz com que esta vá perdendo a sua função de filtrar a radiação UV, radiação nociva aos seres vivos.




A destruição das moléculas de ozônio pode ser evidenciada em imagens de satélites pela presença de um buraco, o que justifica a utilização do termo "buraco" na camada de ozônio. Conforme esse buraco vai aumentando, mais radiação UV consegue chegar na Terra, levando à inúmeros problemas, tais como aumento da incidência de câncer na população, danos ao sistema imunológico, impacto na cadeia alimentar ocasionado pela redução da atividades dos fitoplânctons, dentre outros.

**PRO**EXPLICA

Com o objetivo de estabelecer ações que visam reduzir a emissão de substâncias que contribuem para a destruição da camada de ozônio, criou-se o Protocolo de Montreau, um tratado internacional que teve início em 1 de janeiro de 1989. Desde então, este protocolo tem sido bem-sucedido, uma vez que a emissão de gases que danificam a camada de ozônio tem reduzido com o passar dos anos. Caso os países cumpram com suas promessas, estima-se que será possível reduzir o problema do buraco na camada de ozônio, alcançando a dimensão que este apresentava na década de 80.

## O PROBLEMA DO LIXO

Na natureza, como colocado por Lavoisier, nada se perde, tudo se transforma. O mesmo ocorre com o lixo. Lixo pode ser definido como todo resíduo sólido que não tem mais valor. Mas nem todo lixo é inútil, e se destinado corretamente, pode ser reutilizado ou reaproveitado, evitando uma série de problemas ambientais.

O lixo formado por resíduos provenientes de matéria orgânica se decompõe pela ação de micro-organismos. Assim tem sido durante muito tempo, onde o nosso lixo orgânico servia de alimento para outras formas de vida, sendo o ciclo natural do lixo. Porém, com a crescente industrialização, resíduos de origem não natural tem sido cada vez mais comuns, tornando o lixo um problema.

Os avanços tecnológicos exigem cada vez mais a utilização de matéria prima – aumentando a quantidade de lixo gerada e afetando seriamente o meio ambiente. Essa atitude mostra que a sociedade moderna rompeu com o ciclo natural do lixo. Por essa razão, é preciso adotar novas soluções para lidar com o lixo gerado, diminuindo o impacto do seu descarte ao planeta.





Alguns problemas causados pelo lixo:

- contaminação do solo, ar e água;
- enchentes;
- degradação do ambiente;
- doenças.

Soluções para lidar com o problema do lixo:

- Utilizar matéria orgânica como adubo na agricultura;
- Reciclagem;
- Redução do consumo desenfreado;
- Geração de novas tecnologias que permitam lidar com os resíduos.

## PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS: O BIOGÁS

Uma das soluções para a redução de lixo gerador de matéria orgânica é a produção de biogás. Bactérias fermentadoras de matéria orgânica produzem gás metano e dióxido de carbono, uma mistura que constitui um gás inflamável, que pode ser utilizado como combustível: o biogás.

Esse processo ocorre naturalmente nos aterros e lixos. Mas, se realizado artificialmente, é capaz de produzir biogás, uma fonte energética renovável e limpa ou seja, um biocombustível.

A maior vantagem do biogás é resolver a problemática do lixo e poluição ambiental. O lixo, armazenado em aterros sanitários, produz chorume, um líquido poluente, que, em contato com o solo, causa não apenas sua contaminação como também a dos lençóis freáticos. Além disso, por ação das bactérias fermentadoras, a produção de gás metano é continua. Esse gás é cerca de 20 x mais poluente que o $CO_2$, contribuindo para a intensificação do efeito estufa.

### PROEXPLICA

Alguns materiais são considerados resíduos perigosos aos seres humanos por apresentarem metais pesados, tais como chumbo, cádmio, mercúrio e níquel. Esses produtos são tóxicos pois podem se acumular nos tecidos. Esse acúmulo provoca sérias alterações no organismo, atingindo os sistemas nervoso e imunológico, podendo causar distúrbios genéticos (mutação), que pode levar ao aparecimento de cânceres. Exemplos de materiais que podem representar lixos perigosos são pilhas, bateria e lâmpadas fluorescentes.

### EXERCÍCIOS PROTREINO

**01.** Apresente a equação química que valida a afirmação a seguir:

*O pH da chuva é naturalmente ácido, em função do equilíbrio entre anidrido carbônico e água ocorrido na atmosfera.*

**02.** Apresente a fórmula estrutural plana dos dois gases formados por carbono que são os por intensificar o efeito estufa.

**03.** Indique o motivo pelo qual os radicais livres formados pelo contato da radiação UV com os CFCs são prejudiciais à camada de ozônio.

**04.** Aponte dois motivos pelos quais o descarte inadequado do lixo é prejudicial ao meio ambiente.

**05.** Aponte, utilizando equações químicas, porque a utilização de gasolina como combustível é mais prejudicial ao meio ambiente do que a utilização de etanol com o mesmo fim.

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

**01.** (ENEM (LIBRAS)) O polietileno é formado pela polimerização do eteno, sendo usualmente obtido pelo craqueamento da nafta, uma fração do petróleo. O "plástico verde" é um polímero produzido a partir da cana-de-açúcar, da qual se obtém o etanol, que é desidratado a eteno, e este é empregado para a produção do polietileno. A degradação do polietileno produz gás carbônico ($CO_2$). cujo aumento da concentração na atmosfera contribui para o efeito estufa.

Qual a vantagem de se utilizar eteno da cana-de-açúcar para produzir plástico?

a) As fontes utilizadas são renováveis.
b) Os produtos gerados são biodegradáveis.
c) Os produtos gerados são de melhor qualidade.
d) Os gases gerados na decomposição estão em menor quantidade.
e) Os gases gerados na decomposição são menos agressivos ao ambiente.

**02.** (ENEM 2ª APLICAÇÃO) Algumas práticas agrícolas fazem uso de queimadas, apesar de produzirem grandes efeitos negativos. Por exemplo, quando ocorre a queima da palha de cana-de-açúcar, utilizada na produção de etanol, há emissão de poluentes como $CO_2$, $SO_x$, $NO_x$ e materiais particulados (MP) para a atmosfera. Assim, a produção de biocombustíveis pode, muitas vezes, ser acompanhada da emissão de vários poluentes.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M. D.; PEREIRA, E. A. Biocombustível: o mito do combustível limpo. *Química Nova na Escola*, n. 28, maio 2008 (adaptado).

Considerando a obtenção e o consumo desse biocombustível, há transformação química quando

a) o etanol é armazenado em tanques de aço inoxidável.
b) a palha de cana-de-açúcar é exposta ao sol para secagem.
c) a palha da cana e o etanol são usados como fonte de energia.
d) os poluentes $SO_x$, $NO_x$ e MP são mantidos intactos e dispersos na atmosfera.
e) os materiais particulados (MP) são espalhados no ar e sofrem deposição seca.

**03.** (ENEM 2ª APLICAÇÃO) Uma das alternativas para a substituição da gasolina como combustível de automóveis é a utilização do gás hidrogênio, que, ao reagir com o gás oxigênio, em condições adequadas, libera energia necessária para o funcionamento do motor, conforme a equação química a seguir:

$$2\,H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,H2O_{(g)} + \text{energia}$$

Esta opção para substituição da gasolina contribuiria para que a condição do meio ambiente seja melhorada, visto que

a) o calor gerado pela reação intensificará o aquecimento global.
b) aumentará a quantidade de gases causadores do aquecimento global.
c) a emissão de gases causadores do aquecimento global permanecerá inalterada.
d) ocorrerá a diminuição da emissão de um dos gases causadores do aquecimento global.
e) os gases liberados na reação podem neutralizar aqueles responsáveis pelo aquecimento global.

**04.** (ENEM) Os tubos de PVC, material organoclorado sintético, são normalmente utilizados como encanamento na construção civil. Ao final da sua vida útil, uma das formas de descarte desses tubos pode ser a incineração. Nesse processo libera-se HCℓ(g), cloreto de hidrogênio, dentre outras substâncias. Assim, é necessário um tratamento para evitar o problema da emissão desse poluente.

Entre as alternativas possíveis para o tratamento, é apropriado canalizar e borbulhar os gases provenientes da incineração em

a) água dura.
b) água de cal.
c) água salobra.
d) água destilada.
e) água desmineralizada.

**05.** (ENEM PPL) A explosão de uma plataforma de petróleo em frente à costa americana e o vazamento de cerca de mil barris de petróleo por dia no mar provocaram um desastre ambiental. Uma das estratégias utilizadas pela Guarda Costeira para dissipar a mancha negra foi um recurso simples: fogo. A queima da mancha de petróleo para proteger a costa provocará seus próprios problemas ambientais, criando enormes nuvens de fumaça tóxica e deixando resíduos no mar e no ar.

HIRST, M. *Depois de vazamento, situação de petroleira britânica se complica*. BBC. Disponível em: http://www.bbc.co.uk. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).

Além da poluição das águas provocada pelo derramamento de óleo no mar, a queima do petróleo provoca a poluição atmosférica formando uma nuvem negra denominada fuligem, que é proveniente da combustão

a) completa de hidrocarbonetos.
b) incompleta de hidrocarbonetos.
c) completa de compostos sulfurados.
d) incompleta de compostos sulfurados.
e) completa de compostos nitrogenados.

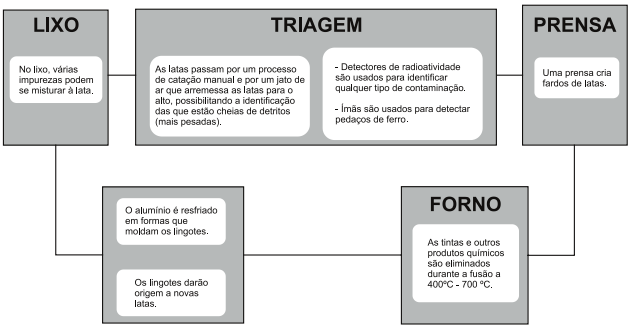
**06.** (ENEM 2ª APLICAÇÃO) Em Bangladesh, mais da metade dos poços artesianos cuja água serve à população local está contaminada com arsênio proveniente de minerais naturais e de pesticidas. O arsênio apresenta efeitos tóxicos cumulativos. A ONU desenvolveu um kit para tratamento dessa água a fim de torná-la segura para o consumo humano. O princípio desse kit é a remoção do arsênio por meio de uma reação de precipitação com sais de ferro (III) que origina um sólido volumoso de textura gelatinosa.

Disponível em: http://tc.iaea.org. Acesso em: 11 dez. 2012 (adaptado).

Com o uso desse kit, a população local pode remover o elemento tóxico por meio de

a) fervura.
b) filtração.
c) destilação.
d) calcinação.
e) evaporação.

**07.** (ENEM) O Brasil é um dos países que obtêm melhores resultados na reciclagem de latinhas de alumínio. O esquema a seguir representa as várias etapas desse processo:




Disponível em: http://ambiente.hsw.uol.com.br. Acesso em: 27 abr. 2010 (adaptado)

A temperatura do forno em que o alumínio é fundido é útil também porque

a) sublima outros metais presentes na lata.
b) evapora substâncias radioativas remanescentes.
c) impede que o alumínio seja eliminado em altas temperaturas.
d) desmagnetiza as latas que passaram pelo processo de triagem.
e) queima os resíduos de tinta e outras substâncias presentes na lata.

**08.** (ENEM (LIBRAS)) A energia elétrica nas instalações rurais pode ser obtida pela rede pública de distribuição ou por dispositivos alternativos que geram energia elétrica, como os geradores indicados no quadro.

| Tipo | Geradores | Funcionamento |
|---|---|---|
| I | A gasolina | Convertem energia térmica da queima da gasolina em energia elétrica |
| II | Fotovoltaicos | Convertem energia solar em energia elétrica e armazenam-na em baterias |
| III | Hidráulicos | Uma roda-d'água é acoplada a um dínamo, que gera energia elétrica |
| IV | A carvão | Com a queima do carvão, a energia térmica transforma-se em energia elétrica |

Disponível em: www.ruralnews.com.br. Acesso em: 20 ago. 2014.

Os geradores que produzem resíduos poluidores durante o seu funcionamento são

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

**09.** (ENEM) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado — apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto.

Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o

a) etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
b) gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.
c) óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.
d) gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.
e) gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

**10.** (ENEM) Algumas toneladas de medicamentos para uso humano e veterinário são produzidas por ano. Os fármacos são desenvolvidos para serem estáveis, mantendo suas propriedades químicas de forma a atender a um propósito terapêutico. Após o consumo de fármacos, parte de sua dosagem é excretada de forma inalterada, persistindo no meio ambiente. Em todo o mundo, antibióticos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios, entre outros, são detectados em concentrações preocupantes no esgoto doméstico, em águas superficiais e de subsolo. Dessa forma, a ocorrência de fármacos residuais no meio ambiente pode apresentar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, ago. 2003 (adaptado).

Qual ação minimiza a permanência desses contaminantes nos recursos hídricos?

a) Utilização de esterco como fertilizante na agricultura.
b) Ampliação das redes de coleta de esgoto na zona urbana.
c) Descarte dos medicamentos fora do prazo de validade em lixões.
d) Desenvolvimento de novos processos nas estações de tratamento de efluentes.
e) Reuso dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto na agricultura.

**11.** (ENEM PPL) As lâmpadas fluorescentes apresentam vantagens com maior eficiência luminosa, vida útil mais longa e redução do consumo de energia. Contudo, um dos constituintes de energia. Contudo, um dos constituintes dessas lâmpadas é o mercúrio, que apresenta sérias restrições ambientais em função de sua toxicidade. Dessa forma, as lâmpadas fluorescentes devem passar por um processo prévio de descontaminação antes do descarte ou reciclagem do material. O ideal é que nesse processo se tenha o menor impacto ambiental e, se possível, o mercúrio seja recuperado e empregado em novos produtos.

DURÃO JR, W. A.; WINDMÖLLER, C. C. A questão do mercúrio em lâmpadas fluorescentes. *Química Nova na Escola*, n. 28, 2008 (adaptado).

Considerando os impactos ambientais negativos, o processo menos indicado de descontaminação desse metal presente nas lâmpadas seria o(a)

a) encapsulamento, no qual as lâmpadas são trituradas por via seca ou úmida, o material resultante é encapsulado em concreto e a disposição final do resíduo é armazenada em aterros.
b) lixiviação ácida, com a dissolução dos resíduos sólidos das lâmpadas em ácido ($HNO_3$), seguida de filtração e neutralização da solução para recuperar os compostos de mercúrio.
c) incineração, com a oxidação das lâmpadas junto com o lixo urbano em altas temperaturas, com redução do material sólido e lançamento dos gases e vapores para a atmosfera.
d) processo térmico, no qual o resíduo é aquecido em sistema fechado para vaporizar o mercúrio e em seguida ocorre o resfriamento para condensar o vapor e obter o mercúrio elementar.
e) separação por via química, na qual as lâmpadas são trituradas em sistema fechado, em seguida aditivos químicos são adicionados para precipitação e separação do mercúrio.

**12.** (ENEM (LIBRAS)) Com o objetivo de avaliar os impactos ambientais causados pela ocupação urbana e industrial numa região às margens de um rio e adotar medidas para a sua despoluição, uma equipe de técnicos analisou alguns parâmetros de uma amostra de água desse rio.

O quadro mostra os resultados obtidos em cinco regiões diferentes, desde a nascente até o local onde o rio deságua no mar.

| Parâmetros | $O_2$ dissolvido (mg/L) | DBO* (mg/L) | Zinco dissolvido (mg/L) | Coliformes fecais/L |
|---|---|---|---|---|
| Região 1 | 9 | 4 | 0 | 10 |
| Região 2 | 8,5 | 5 | 3,2 | 1,9 mil |
| Região 3 | 0,5 | 33 | 0,10 | 2,5 milhões |
| Região 4 | 0 | 89 | 0,04 | 45 milhões |
| Região 5 | 0 | 29 | 0,01 | 600 |

* Demanda bioquímica de oxigênio. Quantidade de oxigênio consumido pelas bactérias para decompor a matéria orgânica

Na tentativa de adotar medidas para despoluir o rio, as autoridades devem concentrar esforços em ampliar o saneamento básico e as estações de tratamento de esgoto principalmente na região

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

**13.** (ENEM PPL) O processo de dessulfurização é uma das etapas utilizadas na produção do diesel. Esse processo consiste na oxidação do enxofre presente na forma de sulfeto de hidrogênio ($H_2S$) a enxofre elementar (sólido) que é posteriormente removido. Um método para essa extração química é o processo Claus, no qual parte do $H_2S$ é oxidada a dióxido de enxofre ($SO_2$) e, então, esse gás é usado para oxidar o restante do $H_2S$. Os compostos de enxofre remanescentes e as demais moléculas presentes no diesel sofrerão combustão no motor.

MARQUES FILHO, J. *Estudo da fase térmica do processo Claus utilizando fluidodinâmica computacional*. São Paulo: USP, 2004 (adaptado).

O benefício do processo Claus é que, na combustão do diesel, é minimizada a emissão de gases

a) formadores de hidrocarbonetos.
b) produtores de óxidos de nitrogênio.
c) emissores de monóxido de carbono.
d) promotores da acidificação da chuva.
e) determinantes para o aumento do efeito estufa.

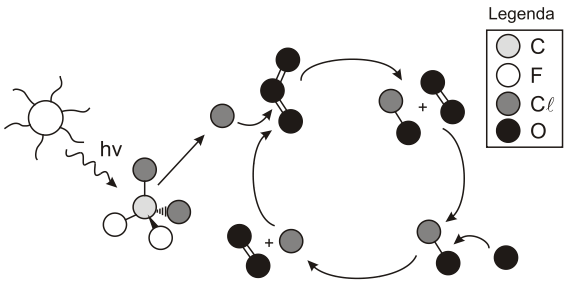
**14.** (ENEM) O petróleo é um tipo de combustível fóssil, de origem animal e vegetal, constituído principalmente por hidrocarbonetos. Em desastres de derramamento de petróleo, vários métodos são usados para a limpeza das áreas afetadas. Um deles é a biodegradação por populações naturais de microrganismos que utilizam o petróleo como fonte de nutrientes. O quadro mostra a composição química média das células desses microrganismos.

| Elemento | Composição média celular (%) |
|---|---|
| Carbono | 50 |
| Hidrogênio | 7 |
| Nitrogênio | 11 |
| Fósforo | 2 |
| Outros | 30 |

Para uma efetiva biodegradação, a região afetada deve ser suplementada com

a) nitrogênio e fósforo.
b) hidrogênio e fósforo.
c) carbono e nitrogênio.
d) carbono e hidrogênio.
e) nitrogênio e hidrogênio.

**15.** (ENEM) A liberação dos gases clorofluorcarbonos (CFCs) na atmosfera pode provocar depleção de ozônio ($O_3$) na estratosfera. O ozônio estratosférico é responsável por absorver parte da radiação ultravioleta emitida pelo Sol, a qual é nociva aos seres vivos. Esse processo, na camada de ozônio, é ilustrado simplificadamente na figura.




Quimicamente, a destruição do ozônio na atmosfera por gases CFCs é decorrência da

a) clivagem da molécula de ozônio pelos CFCs para produzir espécies radicalares.
b) produção de oxigênio molecular a partir de ozônio, catalisada por átomos de cloro.
c) oxidação do monóxido de cloro por átomos de oxigênio para produzir átomos de cloro.
d) reação direta entre os CFCs e o ozônio para produzir oxigênio molecular e monóxido de cloro.
e) reação de substituição de um dos átomos de oxigênio na molécula de ozônio por átomos de cloro.

**16.** (ENEM PPL) No Brasil e no mundo têm surgido movimentos e leis para banir o uso de sacolas plásticas, em supermercados, feitas de polietileno. Obtida a partir do petróleo, a matéria-prima do polietileno é o gás etileno, que depois de polimerizado dá origem ao plástico, composto essencialmente formado pela repetição de grupos $-CH_2-$. O principal motivo do banimento é a poluição, pois se estima que as sacolas levam cerca de 300 anos para se degradarem no meio ambiente, sendo resistentes a ataques químicos, à radiação e a microrganismos.

O motivo pelo qual essas sacolas demoram muito tempo para se degradarem é que suas moléculas

a) apresentam muitas insaturações.
b) contêm carbono em sua composição.
c) são formadas por elementos de alta massa atômica.
d) são muito longas e formadas por ligações químicas fortes.
e) têm origem no petróleo, que é uma matéria-prima não renovável.

**17.** (ENEM PPL) As chamadas estruturas metal-orgânicas são cristais metálicos porosos e estáveis, capazes de absorver e comprimir gases em espaços ínfimos. Um grama deste material, se espalhado, ocuparia uma área de pelo menos 5.000 m². Os cientistas esperam que o uso de tais materiais contribua para a produção de energias mais limpas e de métodos para a captura de gases do efeito estufa.

Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 20 jul. 2010 (adaptado).

A maior eficiência destes materiais em absorver gás carbônico é consequência

a) da alta estabilidade dos cristais metálicos.
b) da alta densidade apresentada pelos materiais.
c) da capacidade de comprimir os gases ocupando grandes áreas.
d) da grande superfície de contato entre os cristais porosos e o gás carbônico.
e) do uso de grande quantidade de materiais para absorver grande quantidade de gás.

**18.** (ENEM) Um dos processos usados no tratamento do lixo é a incineração, que apresenta vantagens e desvantagens. Em São Paulo, por exemplo, o lixo é queimado a altas temperaturas e parte da energia liberada é transformada em energia elétrica. No entanto, a incineração provoca a emissão de poluentes na atmosfera. Uma forma de minimizar a desvantagem da incineração, destacada no texto, é

a) aumentar o volume do lixo incinerado para aumentar a produção de energia elétrica.
b) fomentar o uso de filtros nas chaminés dos incineradores para diminuir a poluição do ar.
c) aumentar o volume do lixo para baratear os custos operacionais relacionados ao processo.
d) fomentar a coleta seletiva de lixo nas cidades para aumentar o volume de lixo incinerado.
e) diminuir a temperatura de incineração do lixo para produzir maior quantidade de energia elétrica.

**19.** (ENEM) O rótulo de um desodorante aerossol informa ao consumidor que o produto possui em sua composição os gases isobutano, butano e propano, dentre outras substâncias. Além dessa informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição "Não tem CFC". As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:

I. $CF_2C\ell_2 \xrightarrow{UV} CF_2C\ell\bullet + C\ell\bullet$

II. $C\ell\bullet + O_3 \longrightarrow O_2 + C\ell O\bullet$

A preocupação com as possíveis ameaças à camada de ozônio ($O_3$) baseia-se na sua principal função: proteger a matéria viva na Terra dos efeitos prejudiciais dos raios solares ultravioleta. A absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio estratosférico é intensa o suficiente para eliminar boa parte da fração de ultravioleta que é prejudicial à vida.

A finalidade da utilização dos gases isobutano, butano e propano neste aerossol é

a) substituir o CFC, pois não reagem com o ozônio, servindo como gases propelentes em aerossóis.
b) servir como propelentes, pois, como são muito reativos, capturam o Freon existente livre na atmosfera, impedindo a destruição do ozônio.
c) reagir com o ar, pois se decompõem espontaneamente em dióxido de carbono ($CO_2$) e água ($H_2O$), que não atacam o ozônio.
d) impedir a destruição do ozônio pelo CFC, pois os hidrocarbonetos gasosos reagem com a radiação UV, liberando hidrogênio ($H_2$), que reage com o oxigênio do ar ($O_2$), formando água ($H_2O$).
e) destruir o CFC, pois reagem com a radiação UV, liberando carbono (C), que reage com o oxigênio do ar ($O_2$), formando dióxido de carbono ($CO_2$), que é inofensivo para a camada de ozônio.

**20.** (ENEM) Nos anos 1990, verificou-se que o rio Potomac, situado no estado norte-americano de Maryland, tinha, em parte de seu curso, águas extremamente ácidas por receber um efluente de uma mina de carvão desativada, o qual continha ácido sulfúrico ($H_2SO_4$). Essa água, embora límpida, era desprovida de vida. Alguns quilômetros adiante, instalou-se uma fábrica de papel e celulose que emprega hidróxido de sódio (NaOH) e carbonato de sódio ($Na_2CO_3$) em seus processos. Em pouco tempo, observou-se que, a partir do ponto em que a fábrica lança seus rejeitos no rio, a vida aquática voltou a florescer.

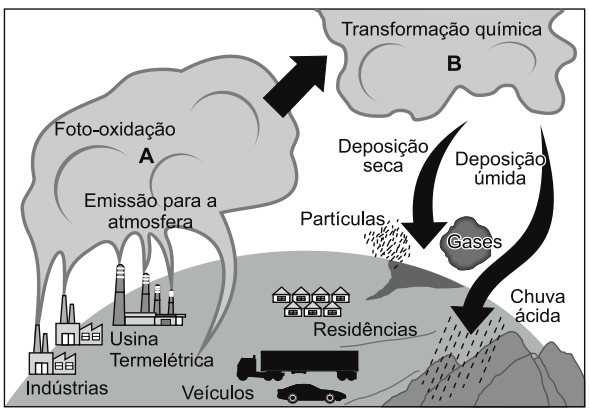
HARRIS, D. C. *Análise química quantitativa.* Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2012 (adaptado).

A explicação para o retorno da vida aquática nesse rio é a

a) diluição das águas do rio pelo novo efluente lançado nele.
b) precipitação do íon sulfato na presença do efluente da nova fábrica.
c) biodegradação do ácido sulfúrico em contato com o novo efluente descartado.
d) diminuição da acidez das águas do rio pelo efluente da fábrica de papel e celulose.
e) volatilização do ácido sulfúrico após contato com o novo efluente introduzido no rio.

## EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

**01.** (FUVEST) Observe a imagem, que apresenta uma situação de intensa poluição do ar que danifica veículos, edifícios, monumentos, vegetação e acarreta transtornos ainda maiores para a população. Trata-se de chuvas com poluentes ácidos ou corrosivos produzidos por reações químicas na atmosfera.




*Atlas do meio ambiente do Brasil:* Embrapa, 1996. Adaptado.

Com base na figura e em seus conhecimentos,

a) identifique, em A, dois óxidos que se destacam e, em B, os ácidos que geram a chuva ácida, originados na transformação química desses óxidos. Responda no quadro abaixo.

| A | B |
|---|---|
| | |

b) explique duas medidas adotadas pelo poder público para minimizar o problema da poluição atmosférica na cidade de São Paulo.

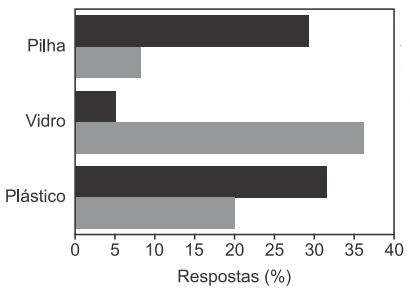
**02.** (UNICAMP) Frequentemente se alerta contra o impacto negativo do descarte de materiais no meio ambiente, apresentando-se uma Tabela de Tempo de Decomposição dos Materiais (TTDM). Nessa tabela, informa-se o tempo que materiais comuns permanecem no ambiente até sua total decomposição. Para verificar o impacto desse tipo de informação na visão de alunos do ensino médio, um estudo utilizou questionários em dois momentos diferentes. No primeiro questionário (Q1), os alunos deveriam assinalar os materiais que consideravam mais prejudiciais ao meio ambiente, conforme seu conhecimento prévio sobre o assunto. No segundo questionário (Q2), o mesmo pedido foi feito, porém, desta vez, os alunos eram informados sobre o tempo de decomposição dos materiais. O gráfico abaixo mostra parte do resultado da pesquisa, considerando apenas os três materiais mais citados.

**Questionário - Q1**

| PRESERVE O MEIO AMBIENTE | |
|---|---|
| **MATERIAIS DESCARTADOS NO MEIO AMBIENTE** | |
| Papel e Papelão | Tecidos |
| Madeira Pintada | Alumínio |
| Embalagem Longa Vida | Plástico |
| Metais Ferrosos | Borracha |
| Vidro | Isopor |
| Pilhas e Baterias | Nylon |

**Questionário - Q2**

| PRESERVE O MEIO AMBIENTE | |
|---|---|
| **TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS DESCARTADOS NO MEIO AMBIENTE** | |
| **Papel e Papelão** 3 - 6 meses | **Tecidos** 6 - 12 meses |
| **Madeira Pintada** 13 anos | **Alumínio** 40 anos |
| **Embalagem Longa Vida** 50 anos | **Plástico** 400 anos |
| **Metais Ferrosos** 100 anos | **Borracha** Indeterminado |
| **Vidro** 1 milhão de anos | **Isopor** 100 anos |
| **Pilhas e Baterias** 50 anos | **Nylon** 30 anos |

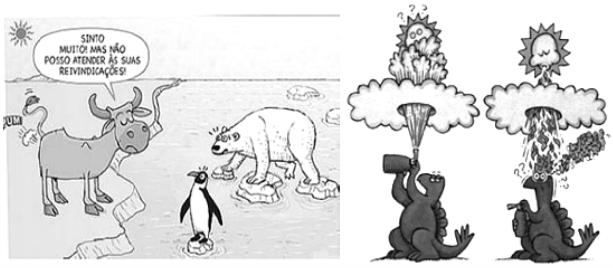



a) Considerando as características da pesquisa, preencha as lacunas levando em conta os resultados dos questionários Q1 e Q2 representados no gráfico. Justifique sua escolha para Q1 e Q2, deixando claro seu raciocínio.

Questionário Q___
Questionário Q___

b) Considerando pilhas e plásticos, comente, separadamente, as dificuldades técnicas em reutilizar, reaproveitar ou reciclar esses dois materiais.

**03.** (UNICAMP) A figura abaixo apresenta três ilustrações cômicas que remetem a interferências antropogênicas no meio ambiente, que podem levar a consequências trágicas que inviabilizariam a continuidade de vida na Terra.




A B

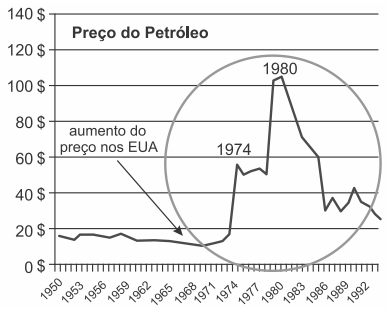


C

a) Dê o nome do problema ambiental enfatizado em cada uma das situações A, B e C, retratadas na figura.

b) Dos problemas ambientais apontados na figura, identifique o que está, atualmente, mais em evidência e indique uma possível solução para minimizá-lo.

**04.** (UNICAMP) *De volta Para o Futuro ou O Túnel do Tempo* são obras de ficção em que personagens são transportadas para o passado. Imagine que você voltasse no tempo algumas décadas, no Brasil. Duas situações com que você se depararia estão resumidas nos Textos 1 e 2 abaixo. É claro que ninguém iria acreditar que você veio do futuro, mas considerando o que você conhece hoje, que sugestões você daria aos administradores da época? Descreva cada uma delas no item correspondente.




Texto 1

**Lixo fica em saco plástico**

Do serviço local

Sacos plásticos que custam barato e evitam o mau cheiro, a presença de ratos e moscas, além de vira-latas, poderão ser usados em São Paulo como depósito de lixo domiciliar. O sistema alcançou resultados satisfatórios nos Estados Unidos e na Europa e tornará mais rápida a coleta de lixo, porque os lixeiros não precisarão mais depositar nas calçadas os velhos latões ou caixotes atualmente em uso.

Texto 2

a) Para amenizar o problema gerado pelo aumento do preço do petróleo na produção de combustíveis (Texto 1), apresente uma alternativa tecnológica adequada. Aponte uma vantagem e uma desvantagem na adoção dessa tecnologia.

b) O barulho produzido pelas latas nos horários das coletas de lixo tornou-se um dos alvos mais frequentes da seção "Queixas e Reclamações" do jornal *O Estado de São Paulo*, principalmente nas décadas de 1940 e 1950. Mas as populares latas de lixo já estavam com os dias contados em 1972, quando a Prefeitura de São Paulo fez uma experiência com sacos de polietileno, como mostra a notícia reproduzida no Texto 2. Aponte uma vantagem e uma desvantagem na adoção dessa medida.

**05.** (FUVEST) O biogás, produzido por digestão anaeróbia de resíduos orgânicos, contém principalmente metano e dióxido de carbono, além de outros gases em pequenas quantidades, como é o caso do sulfeto de hidrogênio.

Para que o biogás seja utilizado como combustível, é necessário purificá-lo, aumentando o teor de metano e eliminando os demais componentes, que diminuem o seu poder calorífico e causam danos às tubulações.

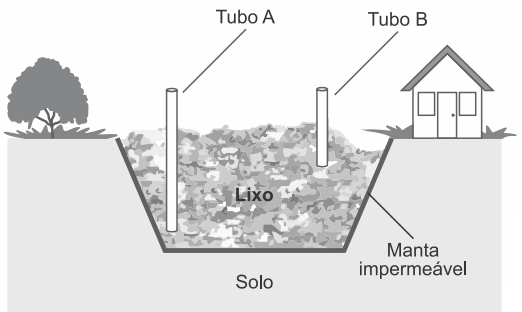
Considere uma amostra de biogás cuja composição, em massa, seja 64,0% de metano ($CH_4$), 32,0% de dióxido de carbono ($CO_2$) e 4,0% de sulfeto de hidrogênio ($H_2S$).

a) Calcule a energia liberada na combustão de um quilograma dessa amostra de biogás.

b) Calcule o ganho de energia, por quilograma, se for utilizado biogás totalmente isento de impurezas, em lugar da amostra que contém os outros gases.

c) Além de aumentar o poder calorífico, a purificação do biogás representa uma diminuição do dano ambiental provocado pela combustão. Explique por quê.

d) Em aterros sanitários, ocorre a formação de biogás, que pode ser recolhido. Em um aterro sanitário, tubos foram introduzidos para captação dos gases em duas diferentes profundidades, como é mostrado na figura.




Em qual dos tubos, A ou B, é recolhido biogás com maior poder calorífico? Explique.

Note e adote:

Calor de combustão (kJ/kg)

| | |
|---|---|
| $CH_4$ | $55 \times 10^3$ |
| $H_2S$ | $15 \times 10^3$ |

ANOTAÇÕES

## GABARITO

### EXERCÍCIOS PROPOSTOS

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 01. A | 05. B | 09. D | 13. D | 17. D |
| 02. C | 06. B | 10. D | 14. A | 18. B |
| 03. D | 07. E | 11. C | 15. B | 19. A |
| 04. B | 08. C | 12. D | 16. D | 20. D |

### EXERCÍCIOS DE APROFUNDAMENTO

01. a) A: $SO_3$ e $NO_2$

B: $H_2SO_4$ e $HNO_3$

b) Rodízio de veículos e inspeção veicular anual.

02. a) Q2 apresenta maior porcentagem de respostas para o vidro e Q1 apresenta menor, comparativamente.

Questionário Q2

Questionário Q1

b) Pilhas: custo elevado da separação dos componentes tóxicos (tais como metais pesados) e falta de rede de coleta.

Plásticos: custo de reciclagem maior que o de fabricação direta e falta de postos de coleta e separação.

03. a) Efeito estufa: a liberação de metano ($CH_4$) (gases representados na figura A) por rebanhos possa contribuir para a intensificação do efeito estufa, ou seja, elevação da temperatura global.

B - Diminuição da camada de ozônio ($O_3$): a camada de ozônio esteja sendo degradada por gases CFCs existentes em sprays (spray na figura B).

C - Chuva ácida: óxidos de enxofre e de nitrogênio lançados na atmosfera reagem com a água presente nas nuvens formando ácidos sulfúrico e nítrico que precipitam diluídos na água da chuva.

b) Aquecimento global.

Reduzir a emissão de gases oriundos da queima de produtos derivados do petróleo, e da queima de carvão mineral.

04. a) Energia eólica - **vantagem:** fonte não poluente; **desvantagens:** dependência de regiões específicas para a captação de vento.

Energia solar - **vantagem:** fonte não poluente; **desvantagens:** custo elevado comparativamente aos derivados do petróleo.

Etanol - **vantagens:** combustível renovável; **desvantagens:** utilização de grandes áreas de cultivo.

Biocombustíveis: **vantagem:** reaproveitamento de resíduos e óleos vegetais; **desvantagens:** custo elevado, comparativamente aos derivados do petróleo, falta de pontos de coleta de matéria prima.

b) **Vantagens:** armazenamento mais higiênico dos detritos, maior rapidez na coleta, descarte e transporte.

**Desvantagens:** acúmulo de plásticos muito pouco degradáveis no meio ambiente, aumento da quantidade de "plásticos" nos aterros sanitários.

05. a) $E = 3{,}58 \cdot 10^4$ kJ.

b) $E = 1{,}92 \cdot 10^4$ kJ/kg.

c) Impede a queima de $H_2S$ que dá origem à $SO_2$, evitando sua oxidação e posterior formação de $SO_3$, um dos causadores da chuva ácida.

d) Tubo A, pois quanto maior a profundidade, menos oxigênio se mistura ao material orgânico, e maior será a concentração de $CH_4$.

### ANOTAÇÕES