

Química Ambiental

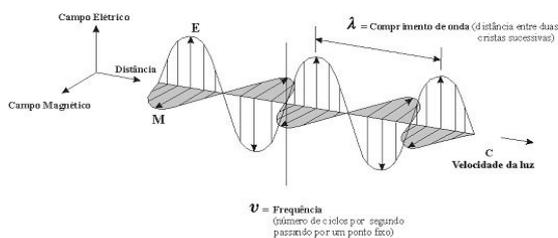
ATMOSFERA



O século XX foi marcado por grandes transformações da qualidade do ar não somente das grandes metrópoles e de regiões fortemente industrializadas mas também de áreas remotas devido por exemplo às queimadas de florestas naturais. Fenômenos globais (como o efeito estufa e o buraco na camada de ozônio) foram detectados e ganharam notoriedade. A ciência ambiental da atmosfera tem pela frente, neste novo século, o grande e complexo papel de contribuir para o aprimoramento de nosso entendimento sobre o que são e como se comportam a atmosfera e espécies tóxicas sobre os ecossistemas e sua biota.

Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas são ondas bem diferentes das ondas mecânicas (como as ondas do mar ou o som). Elas são oscilações de um campo elétrico perpendiculares a oscilações de um campo magnético (Figura 1).



A principal diferença entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas é que estas não precisam de um meio físico para se propagar, ou seja, podem se propagar no vácuo. As ondas, tanto mecânicas quanto eletromagnéticas, possuem três características importantes; o comprimento de onda, a frequência e a velocidade. Essas características estão relacionadas entre si, para as ondas eletromagnéticas, onde a velocidade é c , pela equação 1.

$$c = v \cdot \lambda \quad \text{Equação 1}$$

No início do século XX vários físicos estavam pesquisando ondas eletromagnéticas em conjunto com a física quântica. Eles perceberam que, diferentemente de ondas mecânicas, onde a energia está associada à amplitude da onda, a energia das ondas eletromagnéticas está relacionada à frequência delas pela equação 2, na qual h é a constante de Planck, e vale $6,62 \times 10^{-34}$ J.s.

$$E = h \cdot v \quad \text{Equação 2}$$

Ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, maior sua energia.

Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é o conjunto das várias ondas eletromagnéticas existentes. No espectro eletromagnético elas são ordenadas de acordo com a energia que possuem. Para melhor serem classificadas elas são separadas e agrupadas dependendo de sua frequência ou comprimento de onda (Figura 2).

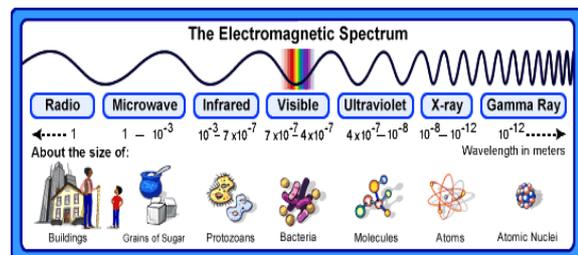


Figura 1 - Espectro eletromagnético

Atmosfera

A terra é dividida em inúmeros setores para que seu estudo seja facilitado. Dentro da parte sólida podemos citar, por exemplo, a litosfera, o manto e o núcleo. Essa divisão, bem simplificada, é feita de acordo com a variação na constituição da parte sólida. Uma divisão semelhante também é feita na parte gasosa da terra, a atmosfera.

Essa divisão é feita de acordo com a altitude, a constituição e a temperatura

Química Ambiental

média daquela altitude. A figura 3 mostra uma divisão clássica da nossa atmosfera.

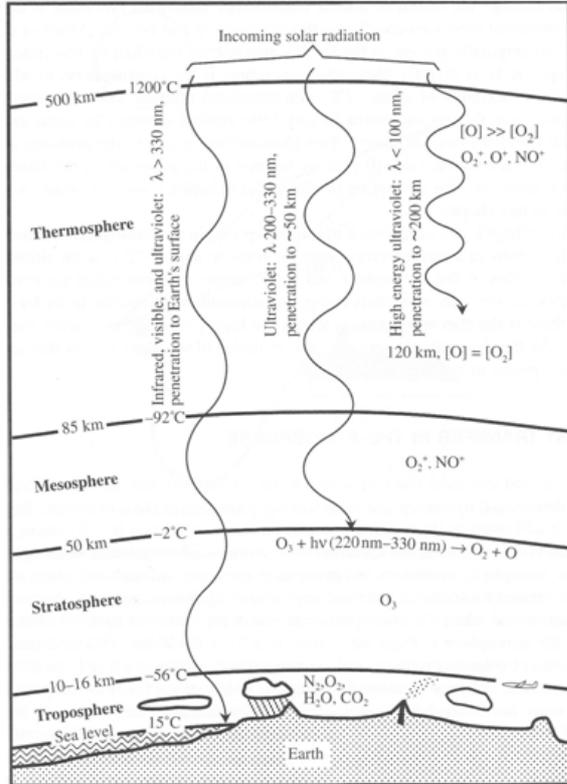


Figura 3 - Regiões da Atmosfera

A principal função da atmosfera é proteger a terra da incidência de radiações eletromagnéticas potencialmente danosas. Essa proteção é feita de maneira que as espécies presentes na região absorvam a radiação, aumentando sua energia, de forma que a radiação seja barrada e consequentemente não consegue penetrar nas áreas mais internas da atmosfera não atingindo os seres vivos. Obviamente essa proteção não é completa, mas sem ela com certeza não poderia haver vida na terra da maneira como a conhecemos hoje.

A troposfera é a região da atmosfera em que nos encontramos. Em geral sua altitude varia de 10 a 16 km e é definida pela tropopausa. A tropopausa é a região da atmosfera que possui uma temperatura de -56°C e ela é que define o término da troposfera e início da estratosfera. Essa barreira, com baixa temperatura, serve para condensar o vapor de água presente na mistura gasosa evitando assim que a água chegue a altitudes onde se foto dissociaria e escaparia da terra.

A troposfera tem uma composição homogênea e constante. A composição média é de: 78% nitrogênio gasoso (N_2),

21% oxigênio gasoso (O_2), 0,9% argônio (Ar) e 0,1% de outros gases, dos quais os mais abundantes são vapor de água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2).

É nessa região onde ocorrem dois dos fenômenos que são estudados na química ambiental, a *chuva ácida* e o *efeito estufa*.

A estratosfera (do grego *stratus* que significa camadas) é a região logo acima da troposfera e tem esse nome devido a não movimentação vertical dos componentes, criando as camadas que são a origem do nome. A temperatura nessa região é crescente, de -56°C até -2°C, devido à absorção da radiação ultravioleta, incidente do Sol, pelo principal componente dessa região, o ozônio (O_3). É nessa região que existe a camada de ozônio.

Efeito estufa



O efeito estufa, ao contrário do que normalmente se pensa, não é causado pelo homem e também não é prejudicial para os seres vivos. Na verdade, o efeito estufa é o que evita que o calor proveniente da terra escape para o espaço. Sem esse efeito a Terra seria cerca de 20°C mais fria, o que praticamente impediria a existência da vida humana na Terra.

O nome efeito estufa, *Greenhouse Effect*, vem exatamente da referência a uma estufa. Uma estufa atua da seguinte maneira: radiação muito energética (alta frequência) atravessa o vidro e atinge o solo e as plantas dentro. As plantas e o solo então reemitem a radiação, porém menos energética (menor frequência), já que parte da energia foi utilizada para aquecimento e para a realização da fotossíntese. Parte dessa radiação reemitida não consegue ultrapassar o

Química Ambiental

vidro de volta, e fica presa dentro da estufa. Aquecendo mais o ambiente.

O efeito estufa natural, que ocorre na Terra é semelhante, porém quem atua como vidro são alguns gases da nossa atmosfera.

O balanço energético da Terra

A luz solar incidente na atmosfera terrestre é constituída basicamente de três componentes. A radiação ultravioleta, visível e infravermelha. Da luz incidente total 50% atingem a superfície terrestre, onde os fótons são absorvidos. Do restante, 20 % são absorvidos por gases, a radiação ultravioleta pelo ozônio e a radiação infravermelha pelo CO₂ e H₂O, principalmente. Os restantes 30% são refletidos por corpos refletivos, como as nuvens, o gelo e a neve.

Como dito anteriormente a Terra reemite radiação, porém de menor frequência, logo, apesar de absorver um pouco de raios UV e visível, a Terra reemite apenas radiação na região do infravermelho.

Essa radiação reemitida é então absorvida por alguns gases na atmosfera que então as reemitem novamente. Porém essa emissão é caótica, e, portanto, parte atinge a superfície terrestre, causando um aquecimento adicional.

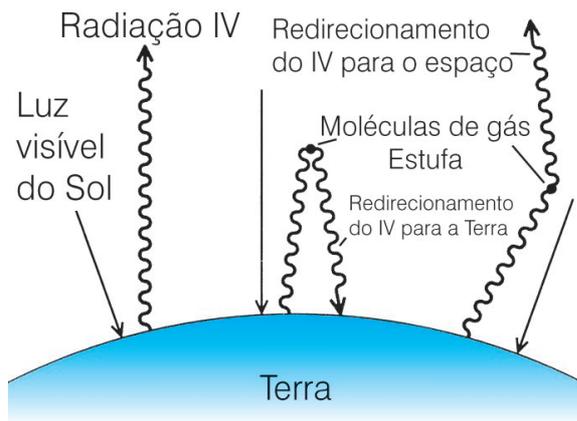


Figura 4 - Absorção e emissão de radiação pela Terra

Gases do efeito estufa

Os principais gases da nossa atmosfera, N₂, O₂ e Ar, são incapazes de absorver radiação no infravermelho.

Então o que faz com que um gás seja um gás de efeito estufa?

Para que um gás seja um gás de efeito estufa ele deve ser capaz de absorver radiação na região do infravermelho. Para que isso ocorra é necessário que em algum instante seu momento de dipolo elétrico, ou momento dipolar, seja diferente de zero.

Quadro 1: A matéria e a radiação infravermelha*.

O infravermelho corresponde à radiação eletromagnética de comprimentos de onda entre 100 μm e 1 μm (3×10^{12} Hz e 3×10^{14} Hz). Essa radiação interage com moléculas, mudando sua configuração, especialmente por meio de vibrações dos átomos em ligações intramoleculares, tais como:

Essa interação leva a uma das espectroscopias mais úteis para o químico, a espectroscopia vibracional. O comprimento de onda em que uma absorção/emissão ocorre depende das massas relativas dos átomos, bem como das constantes de força das ligações.

Os átomos de uma molécula não permanecem fixos uns em relação aos outros; na realidade, eles vibram em torno de uma posição média. Se essas vibrações causarem mudança no momento dipolar da molécula, ela será ativa no infravermelho, isto é, absorverá e emitirá radiação infravermelha. Uma molécula apresenta um dipolo elétrico se nela existirem duas cargas q e $-q$ separadas por uma distância l ; esse dipolo é representado por uma flecha do tipo \rightarrow , com o "+" marcando a ponta positiva, como na molécula de cloreto de hidrogênio:

H—Cl

Associado ao dipolo existe um momento dipolar, definido como igual ao produto $q \times l$. Seja a molécula do gás estufa CO₂; como ela atua absorvendo e emitindo radiação infravermelha? Essa molécula linear tem, no estado fundamental, um momento dipolar igual a zero (os dois dipolos se anulam):

O=C=O

Se a molécula vibrar no modo conhecido como 'deformação axial simétrica', ela é alternadamente esticada e comprimida, com o comprimento de ambas as ligações C—O mudando simultaneamente:

O=C=O Esticada

O=C=O Normal

O=C=O Comprimida

O momento dipolar claramente permanece zero ao longo de todo o movimento, fazendo com que esse modo vibracional seja 'inativo no infravermelho'. Já se a molécula vibrar no modo chamado de 'deformação axial assimétrica', a vibração é 'ativa no infravermelho', pois, como mostrado no topo da próxima coluna, ocorre uma alteração periódica do momento dipolar da molécula.

A deformação axial assimétrica, associada a rotações dos átomos, é responsável pela absorvidade do CO₂ na faixa em torno de 4,25 μm - vide Figura 2. Outro modo vibracional

Esse modo é responsável pela absorvidade do CO₂ na faixa em torno de 15 μm (Figura 2).

Os modos vibracionais possíveis e as variações periódicas no momento dipolar da molécula de água são mostrados a seguir.

As deformações axiais simétrica e assimétrica são responsáveis pela absorvidade da molécula de água na região em torno de 2,7 μm (Figura 2), enquanto a deformação angular é responsável pela deformação em torno de 6 μm (Figura 2).

As deformações acima mostradas levam ao que se chama de vibrações fundamentais. Todavia, podem ocorrer interações e acoplamentos entre os osciladores, o que faz com que surjam vibrações secundárias que absorvem em outras regiões diferentes das fundamentais (vide Figura 2 para o caso da água).

*Adaptado de Silverstein et al., 1979, e Barwell, 1983.

Ou seja, toda e qualquer molécula polar é capaz de absorver radiação no infravermelho, no entanto algumas moléculas apolares também são capazes de absorver radiação na região do IV. Para que isso ocorra é necessário que em algum de seus movimentos vibracionais o momento dipolar seja diferente de zero.

Isso faz com que praticamente todas as moléculas sejam capazes de absorver radiação na região do IV. As únicas

Química Ambiental

espécies que nunca conseguem absorver radiação infravermelha são os gases monoatômicos (gases nobres) e os gases diatômicos homonucleares, assim como o N_2 , O_2 e H_2 . Porém, para ser um gás estufa, a molécula tem que ser capaz de absorver IV térmico ($\lambda=4.000-50.000$ nm).

Principais gases do efeito estufa.

Pode-se perceber na figura 5 que os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são o CO_2 , a H_2O , o CH_4 e o O_3 . Sendo que esse último corresponde ao ozônio troposférico, e não ao encontrado na camada de ozônio na estratosfera.

A figura acima mostra a intensidade da luz infravermelha que deveria deixar a Terra (linha tracejada) em função do comprimento de onda da mesma. Essa quantidade foi calculada teoricamente. Já a linha preenchida mostra a quantidade que realmente escapa.

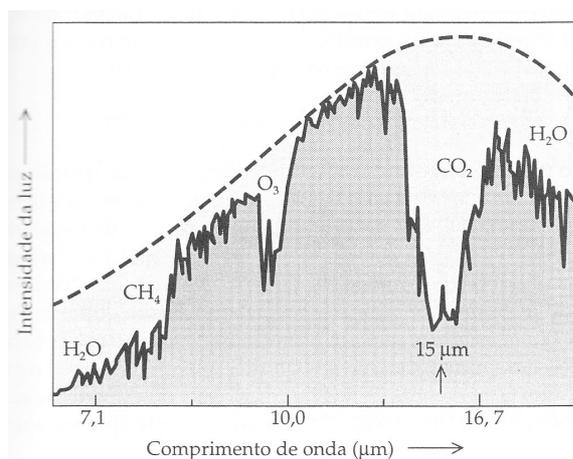


Figura 5 - Absorção de radiação IV por gases

Dióxido de carbono

A figura abaixo mostra o espectro de absorção do CO_2 . Esse gráfico mostra quais são as frequências, e quanto dessas frequências, as moléculas são capazes de absorver.

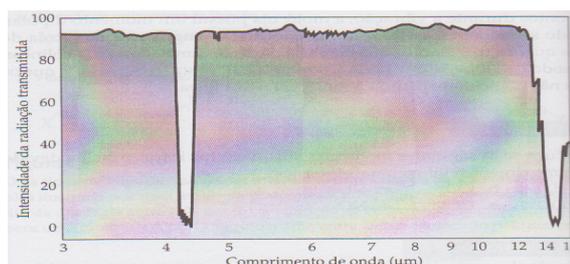


Figura 6 - Espectro de absorção do CO_2

As moléculas de CO_2 hoje na atmosfera são responsáveis pela absorção de metade da luz infravermelha térmica refletida que possui comprimento de onda na região entre 12 e 18 μm . A partir da análise do gráfico percebe-se por que o dióxido de carbono é considerado o vilão do efeito estufa. Sua faixa de absorção coincide com a faixa de frequências que a Terra mais emite, logo ele é o maior responsável pelo bloqueio dos raios reemitidos.

A maior parte do CO_2 atmosférico é proveniente da combustão de combustíveis fósseis, como carvão vegetal e petróleo. Cerca de 5,5 gigatoneladas (10^{12} kg) de carbono são emitidas para a atmosfera assim. As florestas tropicais, já quase que completamente desenvolvidas, e, portanto, com uma taxa fotossintética menor do que a taxa respiratória, emitem por volta de 1,6 gigatonelada. Os oceanos liberam para a atmosfera cerca de 90 gigatoneladas de carbono, devido à respiração de todos os animais marinhos e ao próprio equilíbrio de solubilidade do gás em água. As outras florestas são capazes de absorver anualmente 1,8 gigatonelada de carbono, enquanto as águas oceânicas rasas absorvem cerca de 92 gigatoneladas. Existe ainda uma taxa de transferência de CO_2 dissolvido de águas rasas para águas profundas, cerca de 1,6 gigatonelada de carbono é mandada para águas profundas anualmente assim. Ainda há uma transferência de aproximadamente 0,2 gigatonelada de carbono das águas profundas para os sedimentos do fundo do oceano.

Vapor de água

As moléculas de água presentes na atmosfera também são responsáveis pela absorção de boa parte da luz infravermelha emitida pela superfície terrestre. No entanto a água representa um problema bem mais complicado de resolver. Primeiramente porque quanto

Química Ambiental

maior for a quantidade de moléculas de água na atmosfera maior será a quantidade de luz absorvida. E quanto maior for a quantidade de luz absorvida maior será o aquecimento provocado pelo efeito estufa, e conseqüentemente maior será a pressão de vapor da água. Logo maior será a quantidade de água presente na forma gasosa na atmosfera.

Por conta desses problemas, e pelo fato da água ser essencial para a vida, o aquecimento da Terra provocado por essas moléculas geralmente ou é omitido, ou é contabilizado juntamente com o de outros gases.

Metano

Depois da água e do CO₂ o metano é o gás de efeito estufa de maior importância. Isso se deve ao fato de que uma molécula de metano é capaz de absorver 21 vezes mais quantidade de luz infravermelha do que uma molécula de CO₂. No entanto, a concentração de metano na atmosfera é bem menor do que a quantidade de CO₂, e, portanto, geralmente se dá uma menor importância a esse gás.

A quantidade de gás metano na atmosfera vem aumentando desde a era industrial. Presume-se que o aumento no nível desse gás seja consequência de várias atividades humanas, como o aumento da produção de alimentos, o uso de combustíveis fósseis e o desflorestamento, por exemplo.

Cerca de 70% do metano hoje emitido é de origem antropogênica. Ele é produzido por via biológica pela decomposição anaeróbica de matéria de origem vegetal. Tal processo se dá em grande escala onde ocorre a decomposição de plantas submersas em água, como por exemplo, pântanos, brejos e terrenos úmidos como o do cultivo do arroz.

Terras alagadas são a maior fonte natural das emissões de metano. A expansão de áreas alagadas para a criação de hidroelétricas soma-se ao total de metano produzido.

Animais ruminantes, como gado bovino, ovelhas e certos animais selvagens produzem grandes quantidades de metano como subproduto em seus estômagos quando digerem a celulose. Os animais depois podem arrotar o metano, liberando-o para a atmosfera.

O aquecimento global



O verdadeiro problema do efeito estufa não é ele por si próprio, pois como já foi dito sem esse efeito a temperatura da Terra seria entre 30 e 40°C mais fria, mas a sua intensificação. A intensificação do efeito estufa é conhecida como aquecimento global e ele vem preocupando os cientistas já que as medidas de temperatura média da Terra, realizadas desde meados do século XVIII, mostram um constante aumento de temperatura.

Ainda se discute muito sobre o aquecimento global. Alguns cientistas dizem que a temperatura na troposfera está aumentando, porém a temperatura na estratosfera está diminuindo mais do que a temperatura na troposfera está aumentando. O que significaria que a temperatura da Terra na verdade está diminuindo. Outros cientistas dizem que as medidas realizadas na troposfera não são confiáveis.

Outros cientistas ainda dizem que a elevação da temperatura na Terra é parte do ciclo geológico normal da Terra. Esses ciclos são os responsáveis pelas eras glaciais, sendo que a última ocorreu cerca de 10000 anos atrás.

Principais problemas causados pelo aquecimento global

O aquecimento da Terra, como o próprio nome já diz, é considerado um problema ambiental global, e, portanto, atinge toda a superfície terrestre.

Devido ao aquecimento global já podemos citar como conseqüências:

O derretimento do Ártico e da Groelândia, o que acaba por provocar aumento do

Química Ambiental

nível do mar e inundação de cidades litorâneas. Além disso, os furacões estão cada vez mais fortes. Devido ao aquecimento das águas, a ocorrência de furacões das categorias 4 e 5 (os mais intensos da escala), dobrou nos últimos 35 anos. O litoral sul do Brasil foi varrido por um forte ciclone em 2004.

O total de áreas atingidas por secas dobrou em trinta anos. Um quarto da superfície do planeta é agora de deserto. Só na China, as áreas desérticas avançam 10.000 quilômetros quadrados por ano.

A Organização das Nações Unidas estima que 150.000 pessoas morrem anualmente por causa de secas, inundações, doenças e outros fatores relacionados diretamente ao aquecimento global.

Muitas das espécies de peixes de águas doces e de águas do mar que consumimos como alimento correm o risco de serem extintas.

Rãs e insetos também são animais que estão ameaçados. Muitos deles estão se acasalando antes do tempo previsto e outros estão emigrando por conta do calor.

Uma das ameaças é a destruição dos mangues, possíveis de serem alagados pela elevação do nível do mar.

Além de todas essas já ditas os ursos polares também correm o risco de serem extintos, devido à diminuição de sua área de convivência e consequentemente diminuição de sua área de caça às focas, seu principal alimento.

TEXTO COMPLEMENTAR

Créditos de Carbono

Os créditos de carbono são uma espécie de moeda que se pode obter em negociações internacionais por países que ainda desconsideram o efeito estufa e o aquecimento global. Esses são adquiridos por países que tem um índice de emissão de CO₂ reduzidos, através desses fecham negociações com países poluidores. A quantidade de créditos de carbono recebida varia de acordo com a quantidade de emissão de carbono reduzida. Para cada tonelada reduzida de carbono o país recebe um crédito, o que também vale para a redução do metano,

só que neste caso o país recebe cerca de vinte e um créditos.

Os países que mais negociam créditos de carbono são os países da Europa e Japão que por liberarem pouco carbono acumulam grande quantidade de créditos aumentando assim a renda do país, pois aliviam os países que desconsideram o Protocolo de Kyoto, estabelecido em 1997, e o aquecimento global, que compram créditos como ocorre com os Estados Unidos e com a Austrália, esses relacionam o acordo à diminuição do desenvolvimento econômico.

Existem pessoas que discutem sobre este sistema de créditos de carbono, pois julgam que este favorece o mercado e não propriamente o meio ambiente como propõe. Também julgam que tal crédito dá aos países poluidores o direito de continuarem poluindo se pagarem pelos créditos que a priori possui cota de compra limitada. Por outro lado, o sistema de crédito de carbono dá aos países menos poluidores o incentivo para que continuem o processo de valorizar o meio ambiente e em troca melhorar sua economia já que este sistema é altamente rentável aos países que o adere.

Chuva ácida

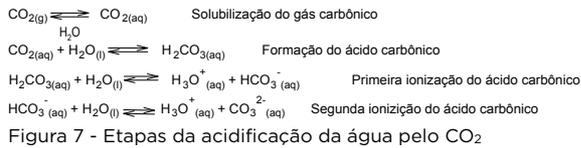


A chuva ácida é um fenômeno ambiental extremamente prejudicial, tanto para a qualidade de vida de animais e vegetais quanto para a formação mineralógica dos vários ambientes, quanto para estruturas e monumentos construídos pelo homem.

Como o próprio nome já diz a chuva ácida é uma precipitação que ocorre e que é rica em ácidos. Porém deve-se tomar cuidado com isso. A chuva, mesmo que na ausência de poluentes, que possam afetar o seu pH, é naturalmente ácida, ou seja, possui pH menor do que sete. Isso se deve a um constituinte natural e essencial da

Química Ambiental

atmosfera terrestre, o gás carbônico (CO_2). Quando em contato com a água esse gás se dissolve, e por ser um óxido ácido, é capaz de formar um ácido, que por sua vez se ioniza, aumentando a concentração de íons hidrônio (H_3O^+) na água da chuva, diminuindo seu pH. Esses fenômenos estão exemplificados na figura 7.



Dessa maneira não se pode chamar uma chuva de chuva ácida somente porque seu pH é menor do que sete, tendo em vista que isso ocorre naturalmente por conta do CO_2 . **O fenômeno chuva ácida é o nome dado para as precipitações com pH menor do que 5,6**, pH normal de uma solução de ácido carbônico.

Para que o pH da chuva se torne menor do 5,6 é necessário que nela exista um ácido mais forte do que o ácido carbônico.

A primeira ocorrência de chuva ácida registrada na história devido a efeitos antrópicos foi na Noruega e na Dinamarca. Estudos da época mostraram que a chuva ácida nessa região foi devido à revolução industrial que ocorria na Inglaterra naquela época.

Nos Estados Unidos foi feita uma pesquisa do pH da chuva em todos os 48 estados continentais, o resultado é mostrado abaixo na figura

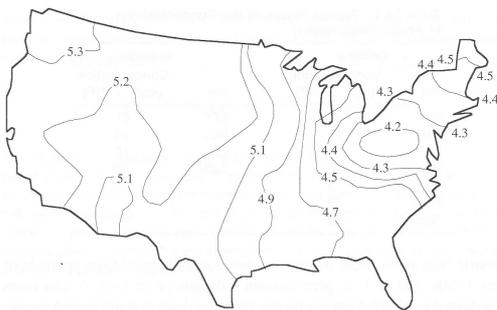


Figura 8 - Isopletas do pH da chuva nos EUA

A primeira revolução industrial ocorreu com o uso do carvão. A queima do carvão libera, principalmente, gás carbônico, o que, como já discutido, não causa chuva ácida. No entanto, carvão vegetal também possui, mesmo que em pequenas quantidades, compostos sulfurados, que contêm enxofre. Os gases de enxofre, principalmente SO_2 e SO_3 , são gases formadores de ácidos bem mais fortes que

o ácido carbônico, e são, portanto, gases causadores da chuva ácida.

Principais gases da chuva ácida

Nitrogênio:

Existem cinco óxidos de nitrogênio:

NO : óxido nítrico

N_2O : óxido nitroso

NO_2 : anidrido nítrico-nitroso

N_2O_3 : anidrido nitroso

N_2O_5 : anidrido nítrico

Os dois primeiros gases, NO e N_2O , são óxidos neutros, ou seja, não reagem com a água. Os outros três, como o nome já diz, são anidridos, ou seja, óxidos ácidos.

Quando em contato com a água esses óxidos geram os ácidos nitroso (HNO_2) e/ou nítrico (HNO_3), cujos valores das constantes de dissociação (K_a) são $7,1 \times 10^{-4}$ e praticamente infinito, já que a dissociação pode ser considerada completa, respectivamente. Valores maiores do que o valor do K_a do ácido carbônico, $4,45 \times 10^{-7}$ para a primeira dissociação e $4,69 \times 10^{-11}$ para a segunda dissociação. O que significa que são ácidos mais fortes e conseqüentemente, causadores da chuva ácida.

Suas reações com H_2O formando os ácidos nitroso e nítrico são apresentadas na figura 9.

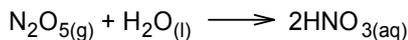
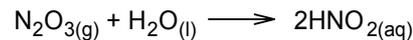


Figura 9 - reação dos anidridos de nitrogênio com água

Porém os óxidos de nitrogênio não são abundantes no nosso planeta. Isso porque, os dois óxidos neutros são extremamente tóxicos, e os outros três formam ácidos fortes o suficientes para que acabem existindo apenas na forma de ânions na terra, como os ânions nitrito NO_2^- e nitrato NO_3^- . Porém o gás mais abundante na atmosfera é o gás nitrogênio, um gás extremamente inerte, devido à sua forte ligação covalente, que pode, sobre certas circunstâncias, reagir com o oxigênio também presente na atmosfera e formar os óxidos de nitrogênio. Essa é uma reação extremamente lenta, devido à sua elevada energia de ativação, porém os raios, que ocorrem nas tempestades,

Química Ambiental

acabam por fornecer a energia necessária para que a reação ocorra. Os óxidos formados podem agora se dissolver na água da chuva, acidificando-a, formando a chuva ácida.

Enxofre:

Os gases de enxofre são liberados para a atmosfera principalmente pela queima indiscriminada de combustíveis fósseis com alto teor de enxofre.

Durante a queima os átomos de enxofre são oxidados, principalmente a SO_2 . Esse gás pode reagir com a água formando o ácido sulfuroso ou ainda ser oxidado e formar o SO_3 que pode reagir com a água formando o ácido sulfúrico.

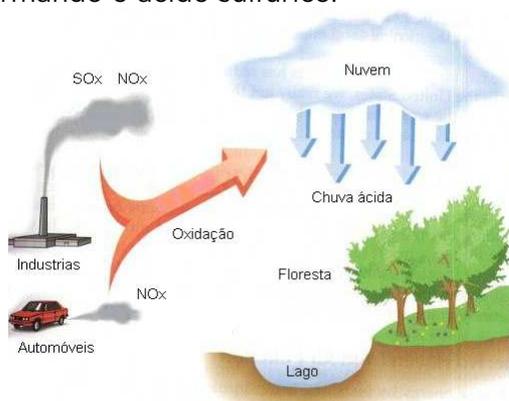


Figura 11 - Formação da Chuva ácida

Principais problemas causados pela chuva ácida

Os problemas ambientais podem ser divididos entre problemas locais, regionais ou globais. Isso varia de acordo com a área que o problema atinge. Por exemplo, poluição do ar é um problema local, só interferindo na cidade em que o ar é poluído. A chuva ácida é considerada um problema ambiental regional, já que devido a correntes de ar os gases causadores desse efeito podem ser transportados para locais um pouco mais distantes. Existem ainda os problemas ambientais globais, que irão afetar toda a superfície terrestre.

A chuva ácida é capaz de alterar o pH de sistemas aquáticos e terrestres. Isso faz com que as propriedades da fauna e da flora de ambos os ambientes sejam alteradas, podendo levar à morte de algumas espécies e conseqüente alteração do ecossistema.

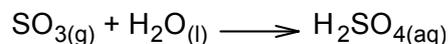
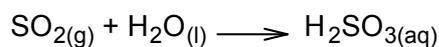
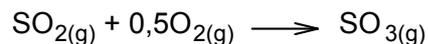


Figura 10 - reações dos gases de enxofre

A alteração do pH de solos e águas também pode torná-las impróprias para a utilização por humanos. A água pode se tornar tão ácida que fica imprópria para o consumo enquanto o solo pode se tornar infértil. A chuva ácida também é capaz de diminuir a produtividade de plantações devido à destruição causada nas folhas, isso acaba por causar enormes prejuízos para a economia agrária.

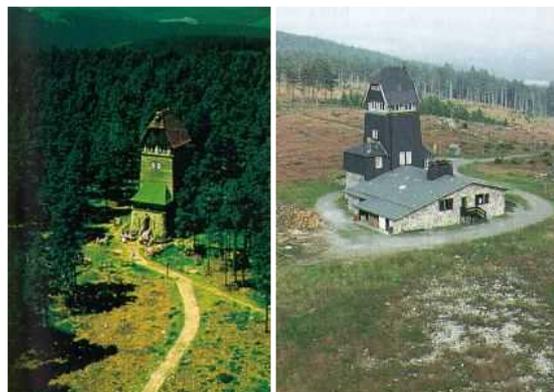


Figura 12 - Fotografia de uma floresta alemã tirada em 1970 e depois em 1983, após a ação da chuva ácida na região

Além dessas alterações a chuva ácida é capaz de acentuar a dissolução de solos calcários, já que os ácidos são capazes de reagir com os carbonatos existentes. Esse processo pode acelerar a formação de cavernas ou até mesmo causar a erosão de solos que servem como suporte para construções.

A reação que ocorre com os solos calcários é a mesma que ocorre quando ácidos entram em contato com mármore, rocha metamórfica constituída basicamente de calcita (carbonato de cálcio), motivo pelo qual algumas obras de arte de mármore, produzidas no Renascimento, principalmente, tiveram de ser movidas, de maneira que ficassem protegidas. O maior exemplo disso é a estátua de Davi de Michelangelo, que foi retirada da Praça de Florença e transportada para dentro da Academia.

Química Ambiental



Figura 13 - Estragos causados pela chuva ácida em uma estátua

Outro exemplo de corrosão de obras de arte é a corrosão que ocorre nos Profetas de Aleijadinho, na cidade de Congonhas. Os profetas foram feitos a partir de pedrasabão, uma rocha constituída a partir de talco, um mineral extremamente macio, e conseqüentemente a reação com ácido facilita sua dissolução.

Os ácidos constituintes da chuva ácida também são capazes de corroer metais e estruturas metálicas. Isso é um grande problema na construção civil devido ao enfraquecimento dessas estruturas, a base para a construção. Outro problema relacionado à construção civil é a corrosão do concreto utilizado, que possui carbonatos em sua constituição, que podem ser dissolvidos por ácidos.

Um grande problema é que a chuva ácida pode cair até 3.750 quilômetros de distância da fonte original da poluição. As chaminés e os automóveis do centro industrial do meio-oeste causam chuva ácida que prejudica o leste dos Estados Unidos e o noroeste do Canadá. Grande parte da chuva ácida que cai na Escandinávia vem de origens européias do oeste, do Reino Unido em particular.

Camada de ozônio



Como dito anteriormente a principal fonte de luz para a Terra é o Sol. E dos raios que saem da superfície do mesmo os principais a atingirem as camadas mais internas da superfície são as radiações infravermelha, visível e ultravioleta.

A mais energética, e conseqüentemente mais danosa para nós, é a radiação ultravioleta. No entanto, na parte mais baixa da estratosfera existe uma concentração relativamente alta, por volta de 130 nanobar (em termos da pressão parcial), de ozônio. O ozônio, O_3 , é uma molécula capaz de absorver radiação na região do UV.

As radiações dessa região geralmente estão relacionadas com movimentos eletrônicos. O que faz o ozônio ser então capaz de absorver fótons nessa região é a ressonância que existe em sua molécula.

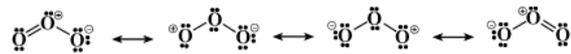
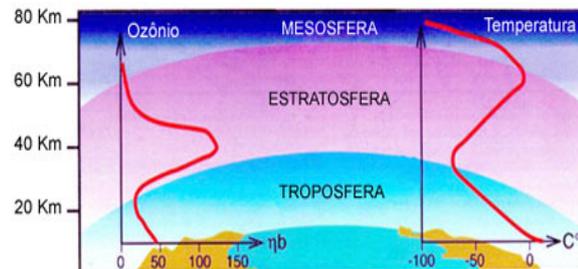


Figura 14 - Ressonância na molécula de ozônio



A absorção da radiação UV pelo ozônio é o que faz com que a temperatura da estratosfera seja maior do que se esperaria devido ao ar rarefeito.

O ozônio da estratosfera é criado a partir da interação entre os raios ultravioletas e as moléculas de oxigênio gasoso. O esquema da figura 15 mostra isso com clareza.

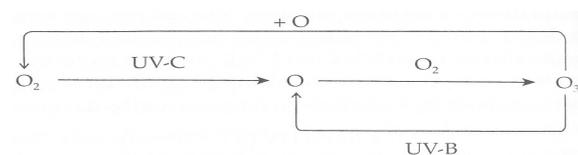


Figura 12 - Síntese e decomposição do ozônio estratosférico

Química Ambiental

Dessa maneira existe um equilíbrio químico entre ambas as espécies. De maneira que, sem perturbações, suas concentrações deveriam ser constantes, o que faria com que a camada de ozônio tivesse sempre uma espessura praticamente fixa. No entanto, sabemos que não é isso que ocorre.

Destruição catalítica do ozônio

Como vimos existe um equilíbrio entre as espécies oxigênio e ozônio na estratosfera, no entanto, existem algumas substâncias que são capazes de catalisar a destruição do gás ozônio.

Nos primeiros anos da década de 60 percebeu-se que existem espécies capazes de catalisar o processo de destruição do ozônio. Essas espécies seriam capazes de acelerar o processo de decomposição do ozônio, diminuindo dessa maneira a concentração dessa espécie na estratosfera, o que faria com que a incidência dos raios UV na superfície da Terra aumentasse, o que é extremamente prejudicial para os seres vivos.

Clorofluorcarbonetos

Os Clorofluorcarbonetos (CFCs) são espécies que contém carbono, flúor, cloro e podem ou não conter átomos de hidrogênio.

Exemplos disso são os:

CFC-11 (CFCl_3),
CFC-12 (CF_2Cl_2) ou ainda o
CFC-21 (CHFCl_2).

(Baird, 2002)

Essas substâncias, assim como praticamente todos os haletos de alquila são extremamente estáveis. Porém, no caso dos CFCs, além de estáveis, as moléculas ainda são inertes, atóxicas, inodoras e não-inflamáveis. Por conta disso, e por conta da sua capacidade de compressão esses gases foram muito utilizados no início dos anos 30 em refrigeradores. No entanto no início da década de 40 esses refrigeradores começaram a ter defeitos e foram descartados por seus donos.

Nos ferros-velho e afins, esses refrigeradores eram danificados e o gás escapava para a atmosfera. Esses gases subiam para a alta atmosfera e chegavam

à estratosfera. Na estratosfera eles eram atingidos pelos raios UV. Esses raios UV eram capazes de quebrar as ligações C-Cl homoliticamente. Isso gerava átomos de cloro, que são catalisadores extremamente eficientes para a destruição da camada de ozônio.

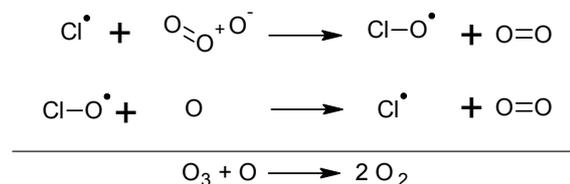
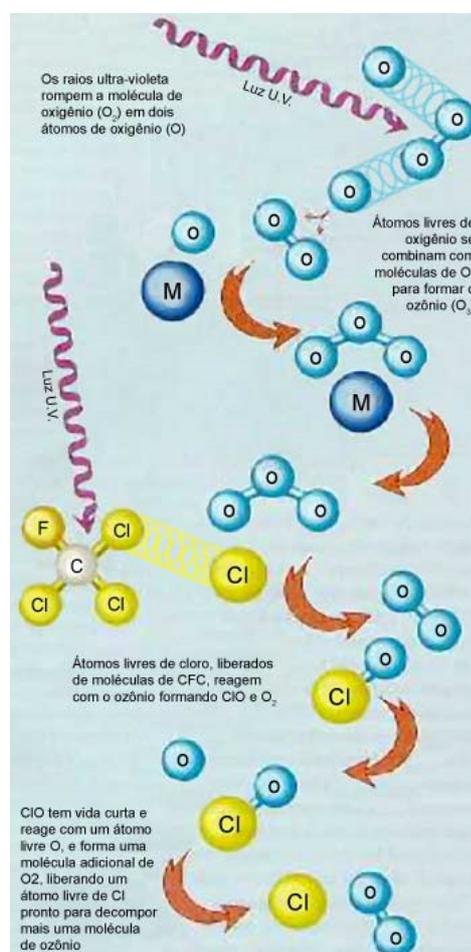


Figura 13 - Destruição catalítica do ozônio



Porém, essa catálise não é capaz de destruir significativamente a quantidade de ozônio estratosférico, já que a quantidade de CFC que chega por tempo é muito pequena, logo o oxigênio produzido por essa destruição catalítica acelera a produção do ozônio, de maneira que a quantidade de ozônio é rapidamente restabelecida.

Química Ambiental

O buraco na camada de ozônio

Em 1985 os cientistas perceberam que a espessura da camada de ozônio sobre o continente da Antártida diminuía substancialmente em algumas épocas do ano. Isso ocorre porque devido aos ventos contra-alísios os gases CFCs liberados em toda a superfície são quase que completamente levados para os pólos. Essa grande quantidade de CFCs poderia então explicar a diminuição da espessura da camada de ozônio, criando inclusive, em algumas ocasiões, os buracos na camada de ozônio.

No entanto os ventos contra-alísios concentram os CFCs em ambos os pólos, isso não explica porque o buraco no Pólo Sul é muito mais acentuado e maior do que a pequena diminuição na espessura da camada de ozônio no Pólo Norte.

Vórtices Antártico e Ártico

Devido às baixíssimas temperaturas que os pólos atingem no inverno, o Pólo Sul atinge no inverno cerca de -80°C , há uma diminuição da pressão atmosférica. Isso, associado ao movimento de rotação da Terra cria um vórtice, capaz de prender os gases que chegam aos pólos. Esses gases ficam presos durante todo o inverno polar, cerca de seis meses.

Quando os primeiros raios de Sol atingem os pólos os cristais de gelo que aprisionam esses gases derretem, liberando os gases que então atacam a camada de ozônio. Como a liberação de gases é maciça o ataque ao ozônio ocorre muito rapidamente, o que então cria os famosos buracos na camada de ozônio. Esse buraco diminui de tamanho com o passar dos meses, até a chegada do outono novamente, onde o vórtice reaparece e os gases são novamente aprisionados e acumulados.

O buraco na camada de ozônio no hemisfério Sul é mais acentuado do que o do hemisfério norte devido à inclinação do eixo terrestre, ao fato da órbita da Terra ser elíptica, e à proporção maritimidade / continentalidade desse hemisfério, o que faz com que o inverno no Pólo Sul seja bem mais severo que o do Pólo Norte. Dessa maneira mais gases serão acumulados e na primavera mais gases serão lançados de uma só vez na estratosfera. (Baird, 2002)

Principais problemas causados pela destruição da camada de ozônio

A destruição da camada de ozônio aumenta a incidência de raios UV-A e UV-B na superfície terrestre. Esses raios são extremamente nocivos a todos os seres vivos.

Esses raios são capazes de destruir moléculas importantes para o funcionamento dos organismos, como proteínas e até mesmo o DNA. A destruição das moléculas de DNA pode levar ao aparecimento de vários tipos de tumores de pele, inclusive melanomas, mais raros e mais perigosos que os outros tipos de tumores.

Além disso, a radiação UV é capaz de aquecer a superfície terrestre, mesmo que pouco, o que aumentaria a pressão de vapor da água, aumentando a taxa de evaporação e aumentando a quantidade de água na atmosfera o que aumentaria o efeito estufa, o que poderia levar ao aquecimento global.

TEXTO COMPLEMENTAR

Fora CFC!!!

Entre 1978 a 1994, a camada de ozônio sobre a Antártica diminuiu em mais de 50%. Na década de 60, o surgimento de novos instrumentos de química analítica permitiu o exame da concentração de clorofluorcarbonos na estratosfera. Em 1974, havia 0.1 ppb (partes por bilhão) de CFC na estratosfera. Este número cresceu para 0.2 ppb, em 1975 e para 0.4 ppb em 1987. Há uma forte relação, como se percebe, entre a presença de CFC e a diminuição da camada de ozônio.

A certeza da presença de CFC na estratosfera, em 1974, levou **Mario Molina** e **Sherwood Rowland** a propôr um mecanismo detalhando a destruição do ozônio pelo CFC. O primeiro passo requer a quebra do CFC pela luz UV em um átomo reativo de cloro.



O próximo passo envolve o ataque ao ozônio pelo átomo de cloro:



Química Ambiental

O átomo de cloro é regenerado



O átomo de cloro, que pode ser reciclado milhares de vezes, faz com que apenas 1 molécula de CFC provoque a quebra de mais de 1000 moléculas de ozônio! O átomo de cloro reside por mais tempo na estratosfera quando a temperatura é muito baixa - que é o caso da Antártica.

Tal como os clorofluorcarbonos, os bromofluorcarbonos são prejudiciais à camada de ozônio; o átomo reativo, neste caso, é o bromo.

Os químicos **Molina** e **Rowland**, juntamente com o meteorologista **Paul Crutzen**, ganharam o **Prêmio Nobel em Química de 1995**, por seu trabalho descrevendo a formação e decomposição no ozônio atmosférico.

Todos concordam que a redução da camada de ozônio permite uma maior quantidade de luz UV chegar à troposfera, resultando em aumento do câncer nos humanos. Por isso, os políticos decretaram que os CFC devem morrer.

Antes da síntese dos CFC (final da década de 20), os gases refrigerantes mais utilizados eram a amônia, o butano, isobutano e propano. Todos são tóxicos e/ou explosivos. Hoje, os refrigerantes são, em geral, misturas binárias azeotrópicas contendo CFC e HFC (hidrofluorcarbonos) ou HCFC (hidroclorofluorcarbonos). Os tratados internacionais preveem a completa retirada dos CFC do mercado neste ano, e dos HCFC por volta de 2030. Químicos do mundo inteiro já trabalham a procura de substituintes para os CFC e HCFC. Isto não é uma tarefa fácil. Os gases que possuem as qualidades necessárias são, em geral, muito tóxicos. Os substituintes mais promissores são os HFC (hidrofluorcarbonos) que, como não têm cloro em sua estrutura, não agredem o ozônio. Alguns estudos, entretanto, indicam que os HFC também devem ser banidos. Será que teremos que voltar a velha amônia?!

SOLO

O que é Lixo?

Chamamos 'lixo' a uma grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, dentre eles o resíduo sólido urbano gerado em nossas residências. A taxa de geração de resíduos sólidos urbanos está relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura, onde se nota uma correlação estreita entre a produção de lixo e o poder econômico de uma dada população. O lixo faz parte da história do homem, já que a sua produção é inevitável. Para Teixeira e Bidone (1999), o lixo é definido de acordo com a conveniência e preferência de cada um. O IPT/CEMPRE (1995) define-o como restos das atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente apresentam-se em estado sólido, semi-sólido ou semilíquido (com quantidade de líquido insuficiente para que possa fluir livremente). São também classificados como resíduos sólidos vários resíduos industriais, resíduos nucleares e lodo de esgoto desidratado, conforme aponta Mata-Alvarez *et al.* (2000).

A classificação do lixo visa separar os vários tipos de resíduos para que cada um tenha um tratamento adequado à sua natureza. No lixo domiciliar, por exemplo, encontramos diversos materiais que podem ser reciclados. Já o lixo industrial precisa passar por processos especiais de tratamento para isolar os agentes poluentes, e o lixo radioativo, perigosíssimo, tem de ser armazenado em locais muito bem isolados e protegidos.

Cada um desses tipos de lixo possui propriedades químicas e físicas diferentes. O conhecimento dessas propriedades permite o desenvolvimento de tecnologia adequada para tratá-los. Esse estudo implica a necessidade do conhecimento da composição de seus materiais.

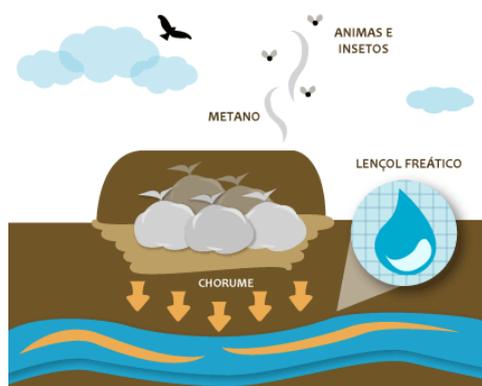
Lixões

As centenas de milhares de toneladas de lixo produzidas diariamente no Brasil ficam, em sua maioria, amontoadas em grandes depósitos a céu aberto: os lixões. Mantidos em grandes áreas, normalmente afastadas dos centros urbanos, esses lugares são completamente tomados por toda sorte de resíduos vindos dos mais

Química Ambiental

diversos lugares, como residências, indústrias, feiras e hospitais.

Como o lixo é mal acondicionado nos lixões, permanecendo livre no ambiente ele contamina o solo e os lençóis subterrâneos de água, além de contribuir para a proliferação de insetos e ratos transmissores de doenças. Mas isso não acontece só nos lixões. Qualquer lugar em que o lixo esteja acumulado inadequadamente é propício à disseminação das mais diversas e graves doenças. Dengue, febre amarela, disenteria, febre tifóide, cólera, leptospirose, giardíase, peste bubônica, tétano, hepatite A, malária e esquistossomose são apenas alguns exemplos.



Arte: Marina Martins / EcoD

Para onde vai o Lixo?

Nos lixões, dezenas de pessoas disputam restos que possam ser reaproveitados, garantindo o mínimo necessário à sobrevivência. Adultos, crianças e animais domésticos misturam-se aos dejetos, criando um ambiente favorável à disseminação de doenças.

Segundo dados do IBGE de 2000, em cerca de 71,5% das cidades brasileiras com serviço de limpeza urbana, o lixo depositado em lixões. Uma pesquisa encomendada pelo Unicef em 1998 revela, ainda, que há lixões em 26% das capitais brasileiras, em 73% dos municípios com mais de 50 mil habitantes e em 70% dos municípios com menos de 50 mil habitantes. E praticamente em todos esses lixões existem pessoas trabalhando, incluindo crianças.

Tratamento do Lixo

A partir do estudo das propriedades das substâncias é possível separar os materiais encontrados no lixo em diferentes sistemas de tratamento. Conheça os mais utilizados no país.

Aterro Sanitário - É projetado por engenheiros para reduzir bastante o impacto do lixo sobre o meio ambiente. O lixo é reduzido ao menor volume possível e coberto periodicamente com uma camada de terra. O local é isolado e impermeabilizado, para evitar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas por metais pesados e pelo chorume, um líquido escuro e malcheiroso, resultante do processo de decomposição anaeróbica (sem a presença de oxigênio) de material orgânico.



Arte: Marina Martins / EcoD

Aterro Controlado - É um sistema intermediário entre o lixão a céu aberto e o aterro sanitário. Não possui uma estrutura adequada de impermeabilização que trate o chorume. Embora não seja a solução ideal para o destino do lixo, os aterros controlados podem, em curto prazo e com investimento relativamente baixo, reduzir a agressão ambiental e a degradação social gerada pelos lixões a céu aberto. Nesses aterros, o lixo é recoberto periodicamente, reduzindo a proliferação de insetos. O local para implantação deve ser escolhido de forma muito criteriosa, para diminuir o risco da contaminação de mananciais de água.

Química Ambiental



Incineração - O lixo é queimado em alta temperatura (acima de 900°C), o que reduz seu volume. Em algumas usinas, essa queima é conduzida de modo a transformar o calor liberado em energia elétrica. Nesse processo, há necessidade do tratamento final dos gases altamente poluentes emitidos pelo incinerador, por meio de filtros.

Compostagem - É um dos métodos mais antigos e consiste na decomposição natural de resíduos de origem orgânica em reservatórios instalados nas chamadas usinas de compostagem. Nesse processo, o material orgânico (restos de alimentos, folhas, cascas de legumes, etc.) é transformado por microorganismos em húmus (composto orgânico), que pode ser usado como adubo. Na natureza, o húmus resulta da decomposição de vegetais, formando um material de cor escura que recobre a primeira camada do solo.

Tanto na incineração como nas usinas de compostagem, o lixo passa por uma etapa inicial de separação de materiais que não serão incinerados ou transformados em adubo. Esses processos são conduzidos nas usinas por meio de sistemas mecânicos de esteiras, garras e eletroímãs (veja o esquema abaixo). Os materiais isolados nessa etapa inicial são enviados para indústrias de reciclagem.



A **reciclagem** consiste em utilizar metais, vidros, plásticos e papéis que já foram descartados como fonte de manufatura de novos materiais. Esse sistema de tratamento de lixo contribui para preservar os recursos naturais e diminuir a poluição. É um método interessante também do ponto de vista econômico. Gasta-se muito mais água e energia elétrica para produzir um material a partir de matéria-prima bruta do que para reciclar.

Na coleta seletiva, os materiais recicláveis são separados nos lugares onde o lixo é gerado. Eles são, então, acondicionados em recipientes adequados, coletados e enviados para as indústrias de reciclagem.

Num programa de coleta seletiva recupera-se, em geral, cerca de 90% dos materiais para reciclagem (papéis, plásticos, vidros e metais). Os 10% restantes são rejeitos, ou seja, materiais que não podem ser reaproveitados, como isopor, trapos, papel-carbono, fraldas descartáveis, couro, louça, cerâmica e objetos produzidos com muitas peças de diferentes materiais.

Todos esses métodos apresentam vantagens e desvantagens e a sua implantação depende de uma pesquisa detalhada das condições de cada cidade, a qual deve incluir um estudo de impacto ambiental. A tabela abaixo apresenta algumas vantagens e desvantagens de três desses processos de disposição de lixo.

Química Ambiental

VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PROCESSOS DE DISPOSIÇÃO DO LIXO		
Processo	Vantagens	Desvantagens
Lixão	No curto prazo, é o meio mais barato de todos, pois não implica em custos de tratamento nem controle	Contamina a água, o ar e o solo, pois a decomposição do lixo sem tratamento produz chorume, gases e favorece a proliferação de insetos (baratas, moscas), ratos e germes patológicos, que são vetores de doença
Aterro Sanitário	Solução mais econômica, pode ocupar áreas já degradadas, como antigas minerações	Tem vida útil curta; se não houver controle pode receber resíduos perigosos como lixo hospitalar e nuclear. Se não for feito com critérios de engenharia, pode causar os mesmos problemas do lixão; os materiais recicláveis não são aproveitados
Incineração	Propicia uma redução no volume de lixo; destrói a maioria do material orgânico e do material perigoso, que no aterro causa problemas; não necessita de áreas muito grandes; pode gerar energia através do calor	É um sistema caro que necessita de manutenção rigorosa e constante. Pode lançar diversos gases poluentes e fuligem na atmosfera (dioxinas, furanos). Suas cinzas concentram substâncias tóxicas com potencial de contaminação do ambiente
Compostagem	O composto originado pode vir a ser usado como adubo na agricultura ou em ração para animais, e poderá ser comercializado. Reduz a quantidade de resíduos a ser dispostos no aterro sanitário	Quando implantado com técnicas incorretas pode causar transtornos às áreas vizinhas, como mau cheiro e proliferação de insetos e roedores, produzindo compostos de baixa qualidade e contaminados com metais pesados, se houver falhas na separação

Sem dúvida, a associação do crescimento populacional à intensa urbanização e às mudanças de consumo está mudando o perfil do lixo brasileiro. Porém, essa 'modernidade' não está sendo acompanhada das medidas necessárias para dar ao lixo gerado um destino adequado. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), realizada em 1989 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e editada em 1991 (IPT/CEMPRE, 1995), "o brasileiro convive com a maioria do lixo que produz. São 241.614 toneladas de lixo produzidas diariamente no país. Fica a céu aberto (lixão) 76% de todo esse lixo.

Apenas 24% recebe tratamento mais adequado".

Destinação final do lixo	(%)
Disposição a céu aberto	76
Aterro controlado	13
Aterro sanitário	10
Usina de compostagem	0,9
Incineração	0,1

Fonte: IBGE, 1991 (in: IPT/CEMPRE, 1995).

Dos 24% de tratamento considerado mais adequado, 13% é através de aterro controlado, o que ainda possibilita a contaminação do lençol freático. Mesmo os 10% de aterro sanitário não são eficiência e qualidade devido à necessidade constante de controle e manutenção, o que nem sempre acontece, mesmo porque são raros os aterros que operam convenientemente do ponto de vista ambiental.

Período de tempo de decomposição do lixo

O tempo de decomposição é uma previsão em média. Portanto, a informação pode variar. Por este motivo, existem variações entre livros e sites, sobre o tempo de decomposição.

A informação sobre o tempo de decomposição do vidro é a mais variável: algumas fontes afirmam que são 4 mil anos, outras 10 mil anos, e até 1 milhão de anos... Mas isso não importa. Importante é reciclar!

- Papel: 3 a 6 meses
- Jornal: 6 meses
- Palito de madeira: 6 meses

Química Ambiental

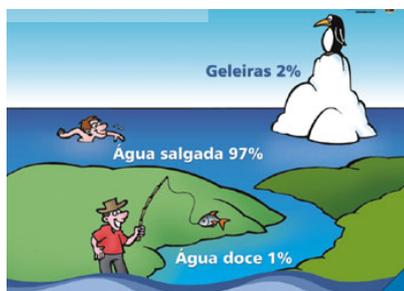
- Toco de cigarro: 20 meses
- Nylon: mais de 30 anos
- Chicletes: 5 anos
- Pedacos de pano: 6 meses a 1 ano
- Cigarros: 2 anos a 05 anos
- Fralda descartável biodegradável: 1 ano
- Fralda descartável comum: 450 anos a 600 anos.
- Lata e copos de plástico: 50 anos
- Lata de aço: 10 anos
- Tampas de garrafa: 150 anos
- Isopor: 400 anos
- Plástico: 100 anos
- Garrafa plástica: 400 anos (depende do tipo do plástico)
- Garrafa de plástico (PET) tempo indeterminado
- Pneus: indeterminado. mínimo: 600 anos
- Vidro: 4.000 anos
- Casca de frutas: 01 a 3 meses. (serve de adubo e não causa danos a natureza).
- Madeira pintada: 13 anos
- Chicletes: 05 anos
- Latas de alumínio: 200 a 500 anos

ÁGUA

Distribuição da água na Terra

Embora três quartas partes da superfície da Terra sejam compostas de água, a maior parte não está disponível para consumo humano pois 97% são água salgada, encontrada nos oceanos e mares e 2% formam geleiras inacessíveis.

Apenas 1% de toda a água é doce pode ser utilizada para consumo do homem e animais. E deste total 97% estão armazenados em fontes subterrâneas.



Ciclo da água

Podemos encontrar a água em três estados físicos: líquido, gasoso e sólido. O conjunto das águas contidas no planeta desenvolve uma interdependência. Isso ocorre por meio dos processos de evaporação, precipitação, infiltração e escoamento, que se configuram como uma

dinâmica hidrológica. Em outras palavras, a água que hoje está em um lençol freático logo mais poderá estar na atmosfera ou mesmo em uma geleira.

O ciclo da água tem seu início com a evaporação das águas dos oceanos, lagos e rios. Essa evaporação se dá por causa do calor provocado pelo Sol e pela ação dos ventos, transformando a água do estado líquido para o estado gasoso.

O vapor de água, por ser mais leve que o ar, sobe na atmosfera formando nuvens.

Quando as nuvens são atingidas por temperaturas mais baixas, o vapor de água se condensa e se transforma em gotículas que se precipitam de volta à superfície em forma de chuva.

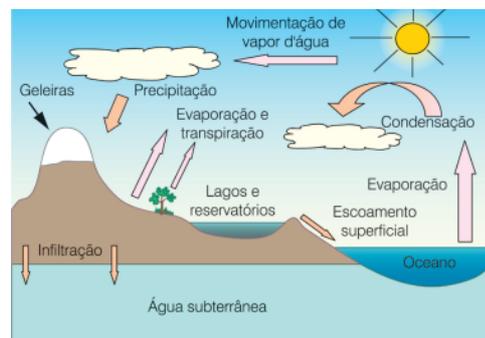
Nas regiões muito frias, essas gotículas se transformam em flocos de neve ao se precipitarem.

As águas da chuva ficam retidas no solo nas áreas onde há vegetação. Essa água é usada pelas plantas. Outra parte da água acaba indo para os rios e lagos.

A água não utilizada pelas plantas passa através de pedras permeáveis e acaba se dirigindo para grandes reservatórios no subterrâneo, formando os chamados lençóis de água, que fluem de volta para os oceanos.

A evaporação das águas da superfície terrestre é constante e novos ciclos se formam a todo instante.

O homem, os animais e as plantas também contribuem para a formação de vapor de água, por expiração durante o processo de respiração.



Poluição da água

As águas doces superficiais - lagos, rios e barragens - utilizadas para tratamento e distribuição nos sistemas de tratamento vêm sofrendo os efeitos da degradação ambiental que atinge cada vez mais

Química Ambiental

intensamente os recursos hídricos em todo o mundo. A poluição destes mananciais vem tornando cada dia mais difícil e caro o tratamento da água.



A poluição da água indica que um ou mais de seus usos foram prejudicados, podendo atingir o homem de forma direta, pois ela é usada por este para ser bebida, para tomar banho, para lavar roupas e utensílios e, principalmente, para sua alimentação e dos animais domésticos. Além disso, abastece nossas cidades, sendo também utilizada nas indústrias e na irrigação de plantações. Por isso, a água deve ter aspecto limpo, pureza de gosto e estar isenta de microorganismos patogênicos, o que é conseguido através do seu tratamento, desde da retirada dos rios até a chegada nas residências urbanas ou rurais. A água de um rio é considerada de boa qualidade quando apresenta menos de mil coliformes fecais e menos de dez microorganismos patogênicos por litro (como aqueles causadores de verminoses, cólera, esquistossomose, febre tifóide, hepatite, leptospirose, poliomielite etc.). Portanto, para a água se manter nessas condições, deve-se evitar sua contaminação por resíduos, sejam eles agrícolas (de natureza química ou orgânica), esgotos, resíduos industriais, lixo ou sedimentos vindos da erosão.

Sobre a contaminação agrícola temos, no primeiro caso, os resíduos do uso de agrotóxicos (comum na agropecuária), que provêm de uma prática muitas vezes desnecessária ou intensiva nos campos, enviando grandes quantidades de substâncias tóxicas para os rios através das chuvas, o mesmo ocorrendo com a eliminação do esterco de animais criados em pastagens. No segundo caso, há o uso de adubos, muitas vezes exagerado, que acabam por ser carregados pelas chuvas aos rios locais, acarretando o aumento de nutrientes nestes pontos; isso propicia a ocorrência de uma explosão de bactérias decompositoras que consomem oxigênio, contribuindo ainda para diminuir a concentração do mesmo na água, produzindo sulfeto de hidrogênio, um gás de cheiro muito forte que, em grandes quantidades, é tóxico. Isso também afetaria as formas superiores de vida animal e vegetal, que utilizam o oxigênio na respiração, além das bactérias aeróbicas, que seriam impedidas de decompor a matéria orgânica sem deixar odores nocivos através do consumo de oxigênio.

Os resíduos gerados pelas indústrias, cidades e atividades agrícolas são sólidos ou líquidos, tendo um potencial de poluição muito grande. Os resíduos gerados pelas cidades, como lixo, entulhos e produtos tóxicos são carregados para os rios com a ajuda das chuvas. Os resíduos líquidos carregam poluentes orgânicos (que são mais fáceis de ser controlados do que os inorgânicos, quando em pequena quantidade). As indústrias produzem grande quantidade de resíduos em seus processos, sendo uma parte retida pelas instalações de tratamento da própria indústria, que retêm tanto resíduos sólidos quanto líquidos, e a outra parte despejada no ambiente. No processo de tratamento dos resíduos também é produzido outro resíduo chamado "*chorume*", líquido que precisa novamente de tratamento e controle. As cidades podem ser ainda poluídas pelas enxurradas, pelo lixo e pelo esgoto.

Enfim, a poluição das águas pode aparecer de vários modos, incluindo a poluição térmica, que é a descarga de efluentes a altas temperaturas, poluição física, que é a descarga de material em suspensão, poluição biológica, que é a descarga de bactérias patogênicas e vírus, e poluição

Química Ambiental

química, que pode ocorrer por deficiência de oxigênio, toxidez e eutrofização .

A *eutrofização* é causada por processos de erosão e decomposição que fazem aumentar o conteúdo de nutrientes, aumentando a *produtividade biológica*, permitindo periódicas proliferações de algas, que tornam a água turva e com isso podem causar deficiência de oxigênio pelo seu apodrecimento, aumentando sua toxidez para os organismos que nela vivem (como os peixes, que aparecem mortos junto a espumas tóxicas).

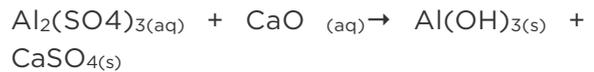
Tratamento da água

Quase toda água potável que consumimos se transforma em esgoto que é re-introduzido nos rios e lagos. Estes mananciais, uma vez contaminados, podem conter microorganismos causadores de várias doenças como a diarreia, hepatite, cólera e febre tifóide. Além dos microorganismos, as águas dos rios e lagos contêm muitas partículas que também precisam ser removidas antes do consumo humano. Daí a necessidade de se tratar a água para que esta volte a ser própria para o consumo humano.

Quando pensamos em água tratada normalmente nos vem à cabeça o tratamento de uma água que estava poluída, como o esgoto, para uma que volte a ser limpa. Cabe aqui fazer uma distinção entre tratamento de água e tratamento de esgoto: o tratamento de água é feito a partir da água doce encontrada na natureza que contém resíduos orgânicos, sais dissolvidos, metais pesados, partículas em suspensão e microorganismos. Por essa razão a água é levada do manancial para a Estação de Tratamento de Água (ETA). Já o tratamento de esgoto é feito a partir de esgotos residenciais ou industriais para, após o tratamento, a água poder ser re-introduzida no rio minimizando seu impacto ao ambiente.

Etapas do Tratamento da água:

Coagulação: quando a água na sua forma natural (bruta) entra na ETA, ela recebe, nos tanques, uma determinada quantidade de sulfato de alumínio. Esta etapa envolve a formação de um precipitado gelatinoso.



Floculação - em tanques de concreto com a água em movimento, as partículas sólidas se aglutinam ao precipitado gelatinoso formando flocos maiores.

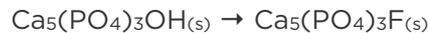
Decantação - em outros tanques, por ação da gravidade, os flocos com as impurezas e partículas ficam depositadas no fundo dos tanques, separando-se da água.

Filtração - a água passa por filtros formados por carvão, areia e pedras de diversos tamanhos. Nesta etapa, as impurezas de tamanho pequeno ficam retidas no filtro.

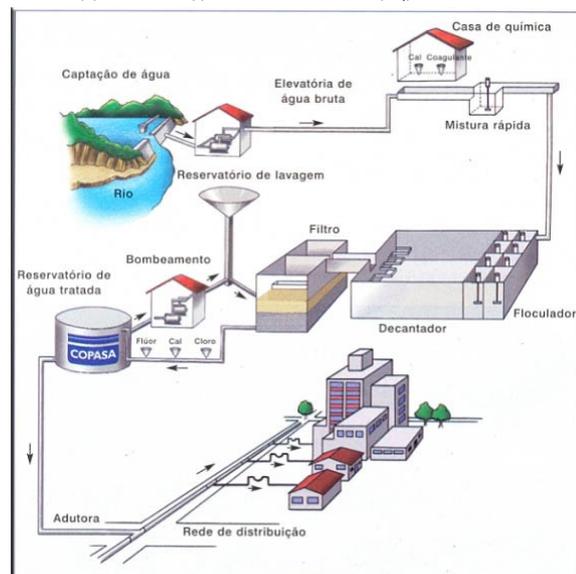
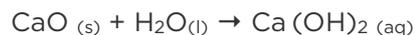
Desinfecção - é aplicado na água cloro ou ozônio para eliminar microorganismos causadores de doenças.



Fluoretação - é aplicado flúor na água para prevenir a formação de cárie dentária em crianças. Os íons fluoreto (F^-) presentes no flúor transformam a Hidroxiapatita em fluorapatita que protege ainda mais os dentes, por ser menos solúvel em ácidos.



Correção de pH - é aplicada na água uma certa quantidade de cal hidratada ou carbonato de sódio. Esse procedimento serve para corrigir o pH da água e preservar a rede de encanamentos de distribuição.



Química Ambiental

EXERCÍCIOS

Questão 01 - (ENEM/2017)

Grandes quantidades de enxofre são lançadas na atmosfera diariamente, na forma de dióxido de enxofre (SO_2), como decorrência de atividades industriais e de queima de combustíveis fósseis.

Em razão da alta concentração desses compostos na atmosfera, regiões com conglomerados urbanos e polos industriais apresentam ocorrência sazonal de

- a) precipitação ácida.
- b) alteração do ciclo hidrológico.
- c) alteração no ciclo do carbono.
- d) intensificação do efeito estufa.
- e) precipitação de íons metálicos tóxicos na superfície.

Questão 02 - (ENEM/2017)

O aumento da pecuária em decorrência do crescimento da demanda de carne pela população humana tem sido alvo de grandes preocupações por pesquisadores e ambientalistas. Essa preocupação ocorre em virtude de o metabolismo de animais como os ruminantes produzirem e liberarem gás metano para a atmosfera.

Essa preocupação está relacionada com a intensificação de qual problema ambiental?

- a) Eutrofização.
- b) Chuva ácida.
- c) Bioacumulação.
- d) Inversão térmica.
- e) Aquecimento global.

Questão 03 - (ENEM/2017)

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 mil

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

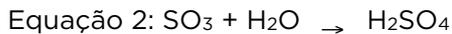
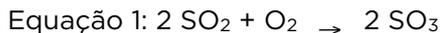
Na tentativa de adotar medidas para despoluir o rio, as autoridades devem concentrar esforços em ampliar o saneamento básico e as estações de tratamento de esgoto principalmente na região

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

Questão 04 - (ENEM/2017)

Muitas indústrias e fábricas lançam para o ar, através de suas chaminés, poluentes prejudiciais às plantas e aos animais. Um desses poluentes reage quando em contato com o gás oxigênio e a água da atmosfera, conforme as equações químicas:

Química Ambiental



De acordo com as equações, a alteração ambiental decorrente da presença desse poluente intensifica o(a)

- a) formação de chuva ácida.
- b) surgimento de ilha de calor.
- c) redução da camada de ozônio.
- d) ocorrência de inversão térmica.
- e) emissão de gases de efeito estufa.

Questão 05 - (ENEM/2016)

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 fluido dinâmica computacional. São Paulo: USP, 2004 (adaptado).

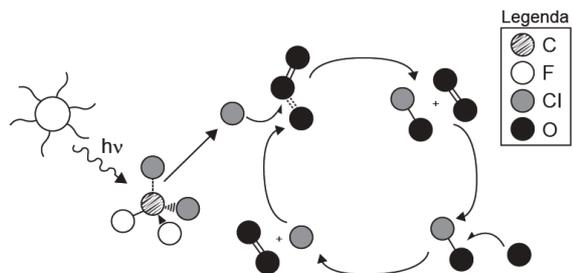
O benefício do processo Claus é que, na combustão do diesel, é minimizada a emissão de gases

- 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.

Questão 06 - (ENEM/2014)

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 simplificada 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 radiculares.
- 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.

Química Ambiental

Questão 07 - (ENEM/2014)

Para impedir a contaminação microbiana do suprimento de água, deve-se eliminar as emissões de efluentes e, quando necessário, tratá-lo com desinfetante. O ácido hipocloroso (HClO), produzido pela reação entre cloro e água, é um dos compostos mais empregados como desinfetante. Contudo, ele não atua somente como oxidante, mas também como um ativo agente de cloração. A presença de matéria orgânica dissolvida no suprimento de água clorada pode levar à formação de clorofórmio (CHCl₃) e outras espécies orgânicas cloradas tóxicas.

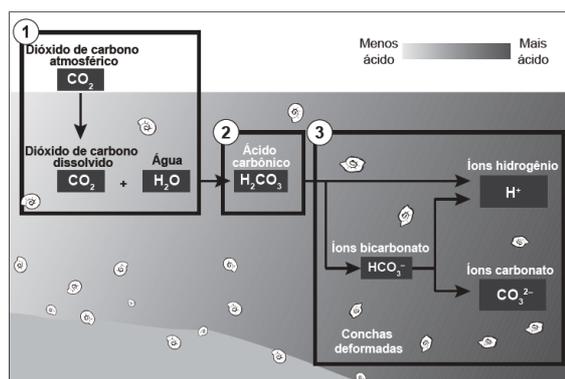
SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. São Paulo: Pearson, 2009 (adaptado).

Visando eliminar da água o clorofórmio e outras moléculas orgânicas, o tratamento adequado é a

- filtração, com o uso de filtros de carvão ativo.
- fluoretação, pela adição de fluoreto de sódio.
- coagulação, pela adição de sulfato de alumínio.
- correção do pH, pela adição de carbonato de sódio.
- floculação, em tanques de concreto com a água em movimento.

Questão 08 - (ENEM/2014)

Parte do gás carbônico da atmosfera é absorvida pela água do mar. O esquema representa reações que ocorrem naturalmente, em equilíbrio, no sistema ambiental marinho. O excesso de dióxido de carbono na atmosfera pode afetar os recifes de corais.



Disponível em: <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em: 20 maio 2014 (adaptado).

O resultado desse processo nos corais é o(a)

- seu branqueamento, levando à sua morte e extinção.
- excesso de fixação de cálcio, provocando calcificação indesejável.
- menor incorporação de carbono, afetando seu metabolismo energético.
- estímulo da atividade enzimática, evitando a descalcificação dos esqueletos.
- dano à estrutura dos esqueletos calcários, diminuindo o tamanho das populações.

Questão 09 - (ENEM/2014)

Se por um lado a Revolução Industrial instituiu um novo patamar de tecnologia e, com isso, uma melhoria na qualidade de vida da população, por outro lado os resíduos decorrentes desse processo podem se acumular no ar, no solo e na água, causando desequilíbrios no ambiente.

O acúmulo dos resíduos provenientes dos processos industriais que utilizam combustíveis fósseis faz como consequência o(a)

Química Ambiental

- a) eutrofização dos corpos-d'água, aumento a produtividade dos sistemas aquáticos.
- b) precipitação de chuvas ácidas, danificando florestas, ecossistemas aquáticos e construções.
- c) mudança na salinidade dos mares, provocando a mortalidade de peixes e demais seres aquáticos.
- d) acúmulo de detritos, causando entupimento de bueiros e alagamento das ruas.
- e) presença de mosquitos, levando à disseminação de doenças bacterianas e virais.

Questão 10 - (ENEM/2014)

Água dura é aquela que contém concentrações relativamente altas de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} dissolvidos. Apesar de esses íons não representarem risco para a saúde, eles podem tornar a água imprópria para alguns tipos de consumo doméstico ou industrial. Objetivando reduzir a concentração de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} de uma amostra de água dura ao mínimo possível, um técnico em química testou os seguintes procedimentos no laboratório:

- I. Decantação da amostra de água.
- II. Filtração da amostra de água.
- III. Aquecimento da amostra de água.
- IV. Adição do solvente orgânico CCl_4 à amostra de água.
- V. Adição de CaO e Na_2CO_3 à amostra de água.

BROWN, T. L. et al. Química, a ciência central. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005 (adaptado).

O método considerado viável para tratar a água dura e aumentar seu potencial de utilização é o(a)

- a) decantação, pois permite que esses íons se depositem no fundo do recipiente.
- b) filtração, pois assim os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} são retidos no filtro e separados da água.
- c) aquecimento da amostra de água, para que esses íons sejam evaporados e separados.
- d) adição do solvente orgânico CCl_4 à amostra, para solubilizar esses íons e separá-los da água.
- e) reação química com CaO e Na_2CO_3 , para precipitar esses íons na forma de compostos insolúveis.

Questão 11 - (ENEM/2014)

O ciclo da água envolve processos de evaporação, condensação e precipitação da água no ambiente. Na etapa de evaporação, pode-se dizer que a água resultante encontra-se pura, entretanto, quando em contato com poluentes atmosféricos, como os óxidos sulfuroso e nitroso, é contaminada. Dessa forma, quando a água precipita, traz consigo substâncias que interferem diretamente no ambiente.

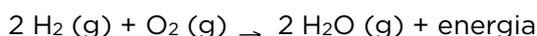
A qual problema ambiental o texto faz referência?

- a) Chuva ácida.
- b) Poluição do ar.
- c) Aquecimento global.
- d) Destruição da camada de ozônio.
- e) Eutrofização dos corpos hídricos.

Química Ambiental

Questão 12 - (ENEM/2014)

Uma das possíveis 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:



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

- a) o calorgerado 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.

Questão 13 - (ENEM/2013)

Sabe-se que o aumento da concentração de gases como CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A agricultura é uma das atividades humanas que pode contribuir tanto para a emissão quanto para o sequestro desses gases, dependendo do manejo da matéria orgânica no solo.

ROSA, A. H.; COELHO, J. C. R.
Cadernos Temáticos da Química Nova na Escola.

São Paulo, n. 5 nov. 2003 (adaptato).

De que maneira as práticas agrícolas podem ajudar a minimizar o agravamento do efeito estufa?

- a) Evitando a rotação de culturas.
- b) Liberando o CO_2 presente no solo.
- c) Aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo.
- d) Queimando a matéria orgânica que se deposita no solo.
- e) Atenuando a concentração de resíduos vegetais do solo.

Questão 14 - (ENEM/2013)

Algumas estimativas apontam que, nos últimos cem anos, a concentração de gás carbônico na atmosfera aumentou em cerca de 40%, devido principalmente à utilização de combustíveis fósseis pela espécie humana. Alguns estudos demonstram que essa utilização em larga escala promove o aumento do efeito estufa.

Outros fatores de origem antrópica que aumentam o efeito estufa são

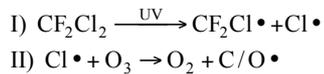
- a) chuva ácida e destruição da camada de ozônio.
- b) alagamento e inversão térmica.
- c) erosão e extinção das espécies.
- d) poluição das águas e do solo.
- e) queimada e desmatamento.

Questão 15 - (ENEM/2012)

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

Química Ambiental

informação, o rótulo traz, ainda, a inscrição “Não contém CFC”. As reações a seguir, que ocorrem na estratosfera, justificam a não utilização de CFC (clorofluorcarbono ou Freon) nesse desodorante:



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.

Questão 16 - (ENEM/2012)

Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem.

Um exemplo de reciclagem é a utilização de

- a) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- b) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- c) sacos plásticos de supermercado como acondicionantes de lixo caseiro.
- d) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- e) garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

Questão 17 - (ENEM/2012)

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para encontrar soluções que minimizem o impacto ambiental de eventuais vazamentos em poços de petróleo, que liberam hidrocarbonetos potencialmente contaminantes. Alguns microrganismos podem ser usados como agentes de biorremediação nesses casos.

Os microrganismos adequados a essa solução devem apresentar a capacidade de

- a) excretar hidrocarbonetos solúveis.
- b) estabilizar quimicamente os hidrocarbonetos.
- c) utilizar hidrocarbonetos em seu metabolismo.

Química Ambiental

- d) diminuir a degradação abiótica de hidrocarbonetos.
- e) transferir hidrocarbonetos para níveis tróficos superiores.

Questão 18 - (ENEM/2011)

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.

Questão 19 - (ENEM/2010)

Um agricultor, buscando o aumento da produtividade de sua lavoura, utilizou o adubo NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) com alto teor de sais minerais. A irrigação dessa lavoura é feita por canais que são desviados de

um rio próximo dela. Após algum tempo, notou-se uma grande mortalidade de peixes no rio que abastece os canais, devido à contaminação das águas pelo excesso de adubo usado pelo agricultor.

Que processo biológico pode ter sido provocado na água do rio pelo uso do adubo NPK?

- a) Lixiviação, processo em que ocorre a lavagem do solo, que acaba disponibilizando os nutrientes para a água do rio.
- b) Acidificação, processo em que os sais, ao se dissolverem na água do rio, formam ácidos.
- c) Eutrofização, ocasionada pelo aumento de fósforo e nitrogênio dissolvidos na água, que resulta na proliferação do fitoplâncton.
- d) Aquecimento, decorrente do aumento de sais dissolvidos na água do rio, que eleva sua temperatura.
- e) Denitrificação, processo em que o excesso de nitrogênio que chega ao rio é disponibilizado para a atmosfera, prejudicando o desenvolvimento dos peixes.

Questão 20 - (ENEM/2010)

As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o CO₂, o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o

Química Ambiental

devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica.

Em áreas urbanas, devido à atuação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica

- a) diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
- b) aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
- c) diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
- d) aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
- e) diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.

Questão 21 - (ENEM/2010)

O lixão que recebia 130 toneladas de lixo e contaminava a região com o seu chorume (líquido derivado da decomposição de compostos orgânicos) foi recuperado, transformando-se em um aterro sanitário controlado, mudando a qualidade de vida e a paisagem e proporcionando condições dignas de trabalho para os que dele subsistiam.

Revista Promoção da Saúde da Secretaria de Políticas de Saúde

Ano 1, n.º 4, dez. 2000 (adaptado)

Quais procedimentos técnicos tornam o aterro sanitário mais vantajoso que o lixão, em relação às problemáticas abordadas no texto?

- a) O lixo é recolhido e incinerado pela combustão a altas temperaturas.
- b) O lixo hospitalar é separado para ser enterrado e sobre ele, colocada cal virgem.
- c) O lixo orgânico e inorgânico é encoberto, e o chorume canalizado para ser tratado e neutralizado.
- d) O lixo orgânico é completamente separado do lixo inorgânico, evitando a formação de chorume.
- e) O lixo industrial é separado e acondicionado de forma adequada, formando uma bolsa de resíduos.

Questão 22 - (ENEM/2009)

A atmosfera terrestre é composta pelos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nítrico (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A.G. Moreira & S. Schwartzman. As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).

Química Ambiental

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o efeito estufa é

- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
- b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH₄.
- c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO₂ da atmosfera.
- d) aumentar a concentração atmosférica de H₂O, molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
- e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.

Questão 23 - (ENEM/2009)

Confirmada pelos cientistas e já sentida pela população mundial, a mudança climática global é hoje o principal desafio socioambiental a ser enfrentado pela humanidade. Mudança climática é o nome que se dá ao conjunto de alterações nas condições do clima da Terra pelo acúmulo de seis tipos de gases na atmosfera - sendo os principais o dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄) - emitidos em quantidade excessiva através da queima de combustíveis (petróleo e carvão) e do uso inadequado do solo.

SANTILI, M. Mudança climática global. **Almanaque Brasil Socioambiental 2008**. São Paulo, 2007 (adaptado).

Suponha que, ao invés de superaquecimento, o planeta sofresse uma queda de temperatura, resfriando-se como uma era glacial, nesse caso

- a) a camada de geleiras, bem como o nível do mar, diminuiriam.
- b) as geleiras aumentariam, acarretando alterações no relevo do continente e no nível do mar.
- c) o equilíbrio do clima do planeta seria re-estabelecido, uma vez que ele está em processo de aquecimento.
- d) a fauna e a flora das regiões próximas ao círculo polar ártico e antártico nada sofreriam com a glaciação.
- e) os centros urbanos permaneceriam os mesmos, sem prejuízo à população humana e ao seu desenvolvimento.

Questão 24 - (ENEM/2009)

Metade do volume de óleo de cozinha consumido anualmente no Brasil, cerca de dois bilhões de litros, é jogada incorretamente em ralos, pias e bueiros. Estima-se que cada litro de óleo descartado polua milhares de litros de água. O óleo no esgoto tende a criar uma barreira que impede a passagem da água, causa entupimentos e, os mananciais, resulta na mortandade de peixes. A reciclagem do óleo de cozinha, além de necessária, tem mercado na produção de biodiesel. Há uma demanda atual de 1,2 bilhões de litros de biodiesel no Brasil. Se houver planejamento na coleta, transporte e produção, estima-se que se possa pagar até R\$ 1,00 por litro de óleo a ser reciclado.

Programa mostra caminho para uso do óleo de fritura na produção de biodiesel.

Disponível em: <http://www.nutrinews.com.br>. Acesso em: 14 fev. 2009 (adaptado).

Química Ambiental

De acordo com o texto, o destino inadequado do óleo de cozinha traz diversos problemas. Com o objetivo de contribuir para resolver esses problemas, deve-se

- a) utilizar o óleo para a produção de biocombustíveis, como etanol.
- b) coletar o óleo devidamente e transportá-lo às empresas de produção de biodiesel.
- c) limpar periodicamente os esgotos das cidades para evitar entupimentos e enchentes.
- d) utilizar o óleo como alimento para os peixes, uma vez que preserva seu valor nutritivo após o descarte.
- e) descartar o óleo diretamente em ralos, pias e bueiros, sem tratamento prévio com agentes dispersantes.

Questão 25 - (ENEM/2009)

Os clorofluorcarbonetos (CFCs) são substâncias formadas por moléculas que contêm átomos de carbono, flúor e cloro. Descobertos em 1930, eram considerados uma maravilha, pois substituíam, com grande eficiência, a amônia, utilizada em refrigeradores. A amônia é tóxica e tem odor desagradável, ao passo que os CFCs são inertes e não causam problemas aos seres humanos. Consequentemente, as fábricas de geladeiras rapidamente passaram a utilizar os CFCs. No entanto, em 1974, dois químicos — Mário Molina e Sherwood Rowland — descobriram que esses gases reagiam com o O_3 da camada de ozônio, causando sérios problemas ambientais e aos seres vivos.

O que pode ser feito para evitar problemas ambientais devido à utilização dos clorofluorcarbonetos?

- a) Aumentar o preço dos refrigeradores, para desestimular o consumo.
- b) Banir a utilização de gases refrigerantes, já que todos causam problemas.
- c) Substituir gradativamente os CFCs por outros gases que não agredam a camada de ozônio.
- d) Parar de utilizar CFCs em refrigeradores e utilizá-los apenas em embalagens como a de spray para cosméticos.
- e) Comprar motores para refrigeradores em países nos quais a legislação não proíba a utilização desses gases.

GABARITO:

- 1) Gab: A
- 2) Gab: E
- 3) Gab: D
- 4) Gab: A
- 5) Gab: D
- 6) Gab: B
- 7) Gab: A
- 8) Gab: E
- 9) Gab: B
- 10) Gab: E
- 11) Gab: A
- 12) Gab: D
- 13) Gab: C
- 14) Gab: E

Química Ambiental

15) Gab: A

16) Gab: B

17) Gab: C

18) Gab: B

19) Gab: C

20) Gab: D

21) Gab: C

22) Gab: D

23) Gab: B

24) Gab: B

25) Gab: C