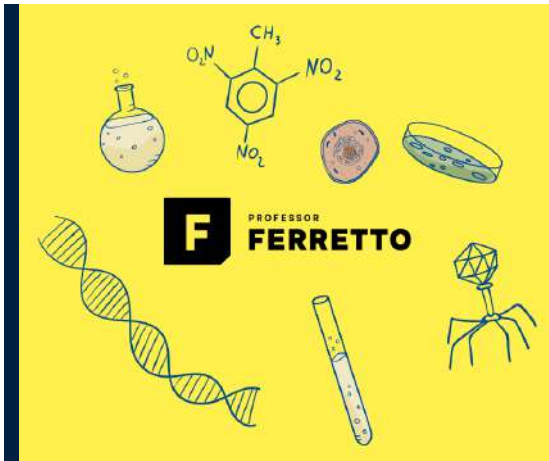


Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM

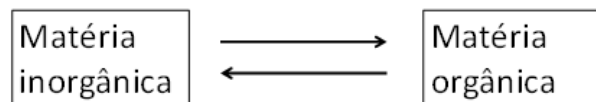


CICLOS BIOGEOQUÍMICOS 1 - CARBONO, AQUECIMENTO GLOBAL, OXIGÊNIO E CAMADA DE OZÔNIO

A energia é transmitida nos ecossistemas de maneira unidirecional, sendo dissipada na forma de calor e não reaproveitada. Por isso, fala-se em **fluxo de energia** nos ecossistemas.

Entretanto, a **matéria não pode ser criada nem destruída (de acordo com o bom e velho Princípio de Lavoisier)**, devendo constantemente ser reciclada para o aproveitamento pelos seres vivos. Fala-se então em **ciclos da matéria**.

A matéria inorgânica no meio, basicamente na forma de gás carbônico e água é aproveitada pelos produtores, através da energia do sol na fotossíntese, para a produção de matéria orgânica. Essa matéria orgânica passa pelos consumidores e, através do processo de respiração, a energia nela contida é liberada e há produção de matéria inorgânica novamente. Entretanto, nem toda matéria orgânica contida num organismo é consumida por ele. Quando ele morre, existe ainda muita matéria orgânica em seu corpo. Entram em ação os decompositores, que a partir do processo de respiração consomem a matéria orgânica de organismos mortos, devolvendo ao meio a matéria inorgânica, basicamente na forma de gás carbônico e água, bem como sais e outros componentes. Esta matéria inorgânica é então utilizada pelos produtores para reiniciar o ciclo.



Os vários átomos no ecossistema estão em constante reciclagem, passando da forma inorgânica para a forma orgânica, e voltando para inorgânica. Eis aí uma prova de que o meio ambiente é modificado pelos seres vivos nele presentes.

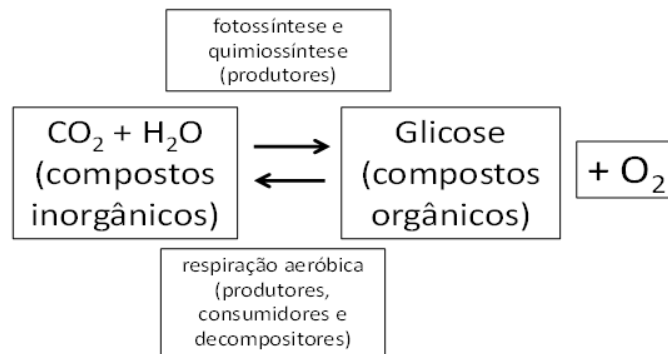
Os decompositores desempenham papel chave nesse processo. A matéria orgânica é transformada em matéria inorgânica por processo de respiração. Quando os indivíduos morrem, entretanto, eles possuem matéria orgânica, que só pode voltar ao meio pela ação dos decompositores, que se nutrem dessa matéria orgânica.

ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Ciclo do carbono](#)
- [Efeitos da poluição por gás carbônico \(CO₂\)](#)
- [Efeito estufa](#)
- [Aquecimento global](#)
- [Ciclo do oxigênio](#)
- [Camada de ozônio](#)
- [Destruição da camada de ozônio](#)
- [Poluição por ozônio](#)

Observe abaixo a relação entre respiração e fotossíntese no ciclo de matéria:



Os ciclos da matéria são chamados também de **ciclos biogeoquímicos**, uma vez que envolvem seres vivos (*bios*), fatores edáficos, ou seja, relativos ao solo (*geós* = terra), e aspectos químicos de atmosfera e água. Os principais componentes da matéria orgânica são carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. Desses, o Carbono e o Hidrogênio não são encontrados na fórmula molecular simples no meio, e sim, na forma de gás carbônico e água. Já o oxigênio e o nitrogênio são encontrados na forma gasosa simples de O₂ e N₂, compondo a maior parte da atmosfera. Fósforo e enxofre formam vários compostos na natureza, sendo estudados mais à frente.

CICLO DO CARBONO

O **carbono** faz parte de todos os compostos orgânicos (que, por definição, contêm carbono em sua estrutura), sendo então necessário para a formação de carboidratos, lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas. **O principal reservatório de carbono na natureza é a atmosfera**, que é composta de cerca de 0,03 a 0,04% de **gás carbônico** (CO₂).

As plantas e outros produtores utilizam o gás carbônico atmosférico para a produção de matéria orgânica, num processo que pode ser descrito como **fixação de carbono**, realizado por fotossíntese ou quimiossíntese. A matéria orgânica pode passar por alimentação aos consumidores ou pela morte de produtores e consumidores para decompositores. Tanto produtores, como consumidores e decompositores irão utilizar essa matéria orgânica através da respiração e liberarão novamente o gás carbônico para a atmosfera.

Parte da matéria orgânica presente no corpo dos organismos mortos não é decomposta, formando **combustíveis fósseis**, como **carvão mineral, petróleo e gás natural**. Esses são formados a partir de restos orgânicos de seres pré-históricos que não se decomposeram por estarem em **condições inadequadas** para a **ação de microorganismos decompositores**, como **ambientes pouco oxigenados e submetidos a altas pressões**, como ocorre com **ecossistemas aquáticos** recobertos por **sedimentos**. Por exemplo, a maior parte do **carvão mineral** que ocorre na natureza é proveniente de **restos de pteridófitas pré-históricas** do grupo das **artrófitas** (também chamadas de **esfenófitas** ou **cavalinhas**). Já o **petróleo** é formado a partir de restos de organismos aquáticos microscópicos, como os **protozoários foraminíferos**.

Devido ao longo tempo necessário para a conversão desses restos orgânicos em combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral, esses recursos são considerados não renováveis, se apresentando em reservas limitadas e passíveis de esgotamento. Ao serem queimados, liberam gás carbônico para a atmosfera.

O **movimento das placas tectônicas** desempenha um papel decisivo para a vida na Terra, uma vez que participa ativamente do ciclo do carbono. Parte do gás carbônico atmosférico dissolve-se nos rios, lagos e oceanos, formando, juntamente com o cálcio, o composto carbonato de cálcio (CaCO₃), que se deposita no fundo submerso, em rochas. Nas zonas de colisão, esse composto se decompõe, liberando gás carbônico, que retorna à atmosfera.

Tome nota:

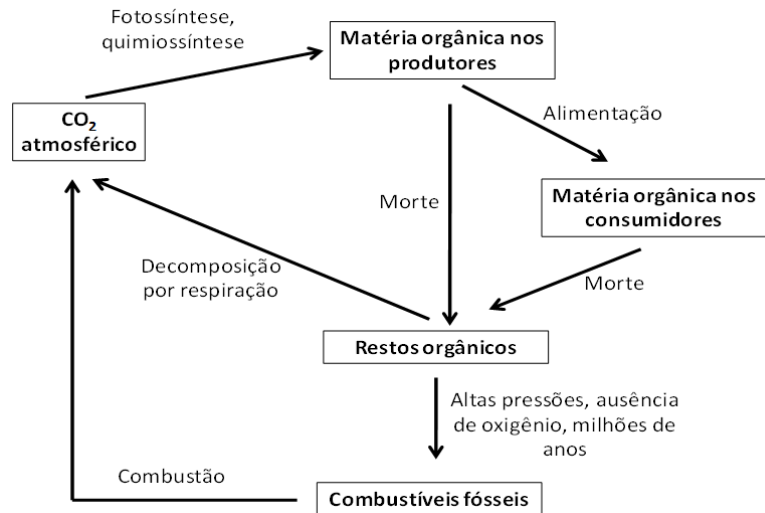
EFEITOS DA POLUIÇÃO POR GÁS CARBÔNICO (CO₂)

O gás carbônico é um componente natural da atmosfera, sendo, pois, um **poluente quantitativo**, ou seja, só poluindo quando em quantidades acima daquelas que ocorrem na natureza.

A partir do advento da **Revolução Industrial**, em meados do século XVIII, o uso de **combustíveis fósseis** como uma fonte barata de energia se tornou muito comum para alimentar máquinas, inclusive usinas

termelétricas à base de carvão mineral, que muitos constituindo a base da matriz energética de muitos países desde então. Devido a esse uso disseminado, o teor de gás carbônico na atmosfera está aumentando progressivamente, gerando um forte impacto ambiental negativo. O **aumento nas queimadas de áreas florestais**, relacionado à expansão de áreas urbanas, agrícolas e para pecuária, também tem colaborado fortemente para o aumento nos teores de gás carbônico atmosférico.

O **gás carbônico não é tóxico para humanos**, estando seu **efeito poluidor** relacionado a problemas como **a intensificação do efeito estufa, a acidificação dos ecossistemas aquáticos, e a ocorrência de chuva ácida**.



EFEITO ESTUFA

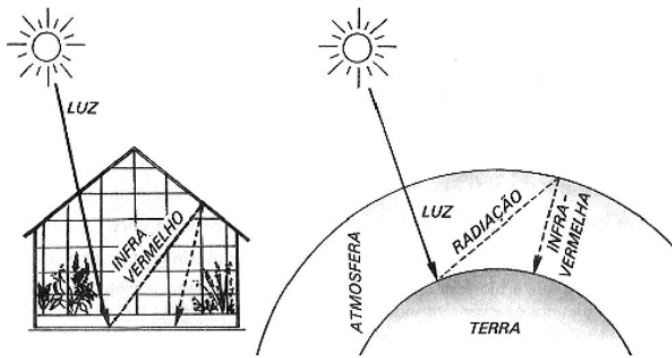
O aquecimento da Terra dá a partir da radiação emitida pelo Sol, tendo o solo e a atmosfera terrestres importantes papéis nesse mecanismo.

O Sol emite radiações em vários comprimentos de onda, como a radiação ultravioleta (invisível ao olho humano), a luz visível e a radiação infravermelha (invisível ao olho humano e relacionada ao processo de aquecimento do solo e do ar). A radiação infravermelha é barrada pela atmosfera, uma vez que alguns de seus gases retêm calor, de modo que apenas passam a radiação ultravioleta e a luz visível.

Os raios ultravioleta, ao atingirem o solo, refletem na forma de raios infravermelho, que aquecem a atmosfera a partir do solo onde surgiram. Como a atmosfera não permite a passagem dos raios infravermelho, o calor é retido na atmosfera, no fenômeno conhecido como **efeito estufa ou efeito de cobertura**.



Efeito estufa.



Comparação entre o efeito de retenção de calor em uma estufa e na atmosfera.

Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa são **gás carbônico (CO₂)**, **metano (CH₄)**, **óxido nitroso (N₂O)**, **vapor de água** e **CFCs (clorofluorcarbonos)** acumulados na atmosfera. Desses, o CFC é o único artificial, sendo obrigatoriamente de origem antropogênica, sendo que os demais podem surgir por processos naturais, mas algumas atividades humanas aumentam seu teor atmosférico. É por isso que ambos estes gases estão relacionados à moderação da temperatura de ecossistemas.

EFEITO ESTUFA	
GASES	CONTRIBUIÇÃO (%)
Dióxido de carbono	61
Metano	15
Óxido Nitroso	4
Clorofluorcarbonetos	11
Outros, inclusive vapor d'água	9

O **metano** é mais forte que o gás carbônico como gás de efeito estufa, surgindo pela atividade de **decomposição anaeróbica de moléculas orgânicas no tubo digestivo de vertebrados como bois, ovelhas e porcos**, de modo que a **pecuária** é uma atividade que contribui significativamente para o aquecimento global, além de ser produzido em **mangues, pântanos e depósitos de lixo**.

Existem aparelhos denominados **biodigestores** que podem extrair o metano produzido a partir da decomposição de lixo orgânico e fezes de animais, sendo esse metano denominado **biogás** e podendo ser utilizado como combustível, sendo que sua queima produz gás carbônico, que, apesar de poluente, é menos agressivo que o próprio metano como gás de efeito estufa.

AQUECIMENTO GLOBAL

É importante que se perceba que o **efeito estufa não é um problema**, sendo **fundamental para a manutenção da temperatura do planeta**. Calcula-se que a temperatura média da Terra seja de cerca de 15 a 16°C, sendo que, sem o efeito estufa para reter calor na superfície da Terra, essa temperatura média seria 30°C menor, ou seja, cerca de -15°C, inviabilizando a existência de água líquida e, com isso, inviabilizando a vida no planeta.

O problema é a intensificação do efeito estufa, levando ao fenômeno de **aquecimento global**, com **aumento nas temperaturas médias da Terra**, levando ao **derretimento de calotas polares e elevação do nível dos oceanos** que, além de desalojar populações que vivem em regiões costeiras,

implica na invasão de terras agrícolas pelo mar, de modo a inviabilizar o cultivo de vegetais por levar à seca fisiológica (pela desidratação por osmose).

BRANQUEAMENTO DOS CORAIS

Os recifes de corais são importantes constituintes dos ricos e produtivos ecossistemas litorâneos, não só por manterem relações de proteção e alimentação com outras espécies, mas também por fornecerem a elas pontos de fixação para a ocupação de novos espaços, além das próprias rochas.

Os corais são abundantes nos mares tropicais, em águas rasas e agitadas, pobres em nutrientes orgânicos e consequentemente com boa penetração de luz, com temperaturas

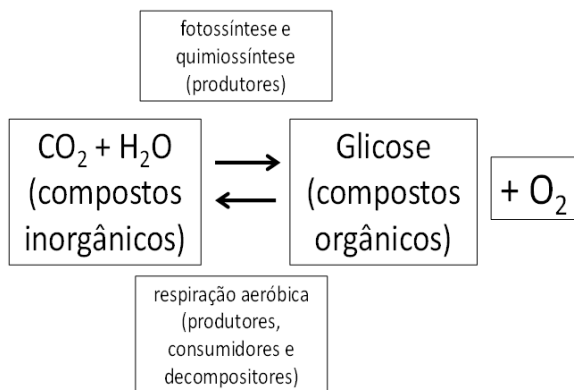
médias anuais entre 22 e 25°C, e têm no corpo pequenas algas unicelulares do grupo dos dinoflagelados, as zooxantelas, de cor parda, com as quais vivem em mutualismo.

Com a elevação da temperatura média do planeta devido à intensificação do efeito estufa, as primeiras vítimas podem estar sendo os corais. O aumento da temperatura da água modifica o metabolismo fotossintético das algas **zooxantelas**, que acabam por produzir substâncias tóxicas aos corais. Os corais então expulsam as zooxantelas.

A primeira mudança perceptível é a perda da coloração vistosa normalmente encontrada em corais, que se deve às algas, passando os mesmos a se tornarem pálidos, esbranquiçados. Essa condição é conhecida com o nome de **branqueamento**. Sem as algas, os corais perdem sua principal fonte de nutrientes, e morrem. Considerando que os corais vivos são essenciais para manter a estrutura dos recifes de corais, sua morte leva à desagregação da rocha coralínea. Como os recifes de corais são o ecossistema de maior biodiversidade marinha, as perdas ecológicas podem ser drásticas.

CICLO DO OXIGÊNIO

Paralelamente ao ciclo do carbono, há o do **oxigênio**. Nele, com a fotossíntese dos produtores há a liberação de gás O₂ para a atmosfera, que é consumido pela respiração por todos os organismos. Outra justificativa para importância dos produtores para a natureza consiste, então, em produzir o oxigênio utilizado pelos seres vivos.



A manutenção das taxas de oxigênio e de gás carbônico no ambiente depende desses dois processos: a **fotossíntese** e a **respiração**. A fotossíntese é realizada somente durante o dia; a respiração é um processo contínuo realizado pelas plantas e pelos animais, de dia e a noite.

É interessante notar que o oxigênio é uma substância que não somente garante a vida na Terra, mas também se

origina da atividade vital. Praticamente todo o oxigênio livre da atmosfera tem origem biológica, no processo de fotossíntese. Por esse processo, a água é decomposta, sendo o oxigênio libertado e o hidrogênio utilizado na síntese de matéria orgânica, numa etapa da fotossíntese conhecida como **fotólise da água ou Reação de Hill**.

CAMADA DE OZÔNIO

O **gás oxigênio (O₂)** atmosférico age na formação da **camada de ozônio (O₃) ou ozonfera** da atmosfera. Para a formação do **ozônio**, o gás oxigênio necessita de um catalisador, chamado de **terceiro corpo (T)**. O próprio ozônio funciona como terceiro corpo, catalisando a formação de novas moléculas de ozônio.



A camada de ozônio se situa na **estratosfera**, a cerca de 15 a 40 km de altitude na atmosfera, e sua presença é de extrema importância para a vida na Terra, pois exerce papel de filtro das **radiações ultravioleta**. O ozônio absorve os raios ultravioleta, sendo destruído no processo, e voltando a formar oxigênio novamente.

De acordo com seu comprimento de onda, os **raios ultravioleta (uv)** do Sol podem ser **uvA** (com maior comprimento de onda, entre 320 e 400 nm), **uvB** (com comprimento de onda entre 280 e 320 nm) e **uvC** (com comprimento de onda menor que 280 nm).

Tome nota:

- Os **raios uvA** equivalem a 99% dos raios UV que atingem a Terra, sendo pouco bloqueados pela camada de ozônio, e aparecem durante o ano todo. São os de maior poder de penetração, atingindo as camadas mais profundas da pele, ou seja, atingindo a derme. Eles podem causar câncer de pele e fotoenvelhecimento por danificar as fibras colágenas (que dão firmeza à pele) e as fibras elásticas (que dão elasticidade à pele).

- Os **raios uvB** equivalem a 1% dos raios UV que atingem a Terra, sendo muito bloqueados pela camada de ozônio, e aparecem somente no verão em regiões temperadas, mas durante o ano todo em regiões equatoriais. São de menor poder de penetração, não atingindo a derme e tendo sua ação limitada à epiderme. Eles estimulam a síntese de vitamina D e de melanina, levando ao bronzeamento, mas são também mais agressivos, podendo causar câncer de pele, queimaduras de sol, lesões na retina (com possível cegueira) e destruição do fitoplâncton.

- Os **raios uvC** são extremamente agressivos, mas completamente barrados pela camada de ozônio e não atingem a superfície da Terra.

DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Entre os maiores agressores à camada de ozônio, estão gases como os **óxidos de nitrogênio (NOx)** e os **clorofluorcarbonetos (CFCs ou freons)**, usados como **propelentes de aerossóis** e em **sistemas de refrigeração de eletrodomésticos como geladeiras**.

Os **CFCs (clorofluorcarbonos)** agredem a camada de ozônio influenciando no ciclo do oxigênio, atuando do modo descrito a seguir:

- a radiação ultravioleta do Sol quebra as moléculas de CFC, deixando livres os átomos de cloro:



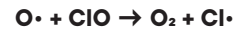
- os átomos de cloro reagem com o ozônio, formando oxigênio e monóxido de cloro:



- a radiação ultravioleta quebra moléculas de ozônio, originando oxigênio e átomos de oxigênio (oxigênio nascente):



- os átomos de oxigênio reagem com o monóxido de cloro, formando oxigênio e deixando átomos de cloro livres:



- com a liberação de átomos de cloro, reinicia-se o ciclo.

Os **buracos na camada de ozônio** foram descobertos em **1985**, e os **maiores buracos na camada de ozônio** se concentram sobre as **áreas polares**, apesar da pouca presença humana, uma vez que fenômenos climáticos direcionam os gases agressores da camada de ozônio para os polos, bem como as baixas temperaturas dificultam a renovação do ozônio. Atualmente, o maior desses buracos é encontrado sobre a **Antártida**, que é mais fria que a região Ártica, apesar de o hemisfério sul ser menos populoso e menos industrializado que o hemisfério norte.

Em **1987**, a assinatura de um acordo conhecido como **Protocolo de Montreal** levou à gradual abolição do uso dos CFCs, que vêm sendo substituídos pelos **HFCs (hidrofluorcarbonetos)**. Os HFCs, por não possuírem cloro, não são agressivos à camada de ozônio. Com a restrição do uso dos principais gases destruidores do ozônio, a camada de ozônio vem apresentando uma certa recuperação, ainda que lenta: cada molécula de CFC pode destruir cerca de 100 mil moléculas de ozônio e tem vida útil de cerca de 100 anos.

POLUIÇÃO POR OZÔNIO

Apesar de essencial para a manutenção da vida na Terra, na forma da camada de ozônio (situada em grandes altitudes), **o ozônio é tóxico em contato direto com humanos**.

O ozônio pode aparecer como resultado da combustão incompleta de combustíveis fósseis, a partir de reações entre hidrocarbonetos gasosos e óxidos de nitrogênio, nas partes mais baixas da atmosfera e sob a presença da luz solar. O efeito tóxico do ozônio sobre humanos se manifesta como irritação aos olhos e sistema respiratório, promovendo lacrimejamento e desconforto respiratório. Em vegetais, O excesso de ozônio leva a um aumento na taxa de respiração em vegetais, que podem morrer por esgotar suas reservas nutritivas desnecessariamente.