



# **CIÊNCIAS DO AMBIENTE**

Fascículo 13

## **Ciclos Biogeoquímicos**

**Autores:**

Luana Beserra de Carvalho

Ozelito Possidônio de Amarante Junior

**Organizadores:**

Ozelito Possidônio de Amarante Junior

Celso Maran de Oliveira

Direitos dessa edição reservados ao Centro de Estudos em Democracia Ambiental da Universidade Federal de São Carlos – CEDA-UFSCar

É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem a autorização expressa da Editora.

Capa e Projeto Gráfico: Matheus Mazini Ramos

#### Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Amarante Junior, Ozelito Possidônio de; Oliveira, Celso Maran de (Organizadores).

Ciências do Ambiente; fascículo 13: Ciclos Biogeoquímicos [recurso eletrônico] / Luana Beserra de Carvalho, Ozelito Possidonio de Amarante Junior - São Carlos: CEDA-UFSCar, 2024.  
14p. il.

Inclui bibliografia.  
ISBN 978-65-85443-02-9

1. Ambiente. 2. Nutrientes. 3. Biogeoquímica. Carvalho, Luana Beserra de. I. Amarante Junior, Ozelito Possidonio de. II.



Centro de Estudos em Democracia Ambiental  
Universidade Federal de São Carlos  
Via Washington Luís, km 235 CEP: 13565-905.  
São Carlos, SP. Brasil  
Telefone: (16) 3306-6789  
<http://www.ceda.ufscar.br>

# CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Luana Beserra de Carvalho & Ozelito Possidonio de  
Amarante Junior

## O que são elementos essenciais à vida?

Alguns elementos químicos são extremamente importantes para a existência da vida. Sem desmerecer os demais elementos que compõem o Universo, alguns formam as moléculas orgânicas como as proteínas, o DNA e o RNA, os carboidratos, os óleos e gorduras, as vitaminas, os hormônios e outros compostos que você já ouviu falar e que são claramente importantes para estarmos vivos. Também já deve ter ouvido falar em minerais importantes para a vida, como o ferro que auxilia no transporte do oxigênio, do cálcio que forma os ossos, o sódio e o potássio, que atuam na contração muscular.

Se esses elementos químicos são assim tão importantes, deve existir um mecanismo que garanta a sua disponibilidade para os organismos vivos, certo? Correto. Mas nem todos os organismos vivos podem ir à farmácia comprar um frasco de vitaminas ou de suplementos de ferro, por exemplo. Como as plantas, os fungos, os protozoários ou os demais animais têm acesso a estes importantes componentes para seus organismos funcionarem corretamente?

**Para saber mais leia este [artigo aqui](#).**

Os ciclos biogeoquímicos possibilitam a circulação de elementos na natureza, permitindo a interação desses elementos com o meio e com os seres vivos, passando pela atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Mas o que é um elemento químico? Elementos são conjuntos de átomos que possuem mesmo número atômico, ou seja, mesma quantidade de prótons em seu núcleo. Isso garante que esses

átomos apresentem as mesmas características químicas.

Isso significa que átomos do mesmo elemento reagem da mesma forma nas mesmas condições. Esses átomos reagem com átomos do mesmo elemento e formam substâncias simples ou com átomos de outros elementos e formam substâncias compostas (ou apenas chamados de “compostos”).



Figura 1. Interação entre diferentes organismos. Foto: Ozelito P. de Amarante Junior, 2022.

Esses compostos possuem diferentes propriedades físicas e químicas que dependem dos elementos que os compõem e de como esses elementos estão ligados. Essas propriedades determinam como essas substâncias se distribuem no Universo e no Planeta, sendo também o que determina sua disponibilidade. Os organismos retiram esses elementos na forma de seus compostos a partir das fontes naturais e redistribuem para que outros organismos vivos também possam acessá-los. Esses caminhos seguidos por um elemento são chamados de ciclos biogeoquímicos. Esse nome longo se deve ao fato de que existem aspectos químicos, geológicos, geográficos e biológicos que determinam essa

distribuição e reciclagem contínua desses recursos.

**Os ciclos biogeoquímicos são caminhos através dos quais elementos essenciais são circulados e transferidos na Terra.**

## Ciclo Hidrológico

Vamos começar falando da água, uma substância química formada por hidrogênio e oxigênio e com propriedades únicas que a tornam essencial à vida. A água é tão importante para a vida, que buscamos a existência de água no estado líquido quando procuramos corpos celestes que possam abrigar a vida. Para mais informações sobre a água, leia os fascículos 14 (hidrosfera) e 15 (bacias hidrográficas) desta série.

## O que é hidrosfera?

A hidrosfera é uma das divisões (ou “esferas”) mais importantes da biosfera, sendo representada pela água em todos os seus estados físicos. No estado gasoso, ou seja, na forma de vapor, a água é encontrada na atmosfera. No estado líquido encontramos a água nos rios, lagos, lagoas, oceano e nos seres vivos. No estado sólido, é encontrada nas geleiras e nas calotas polares.



Figura 2. Distribuição da água no Planeta Terra. Fonte: os autores, 2024.

Aproximadamente 97,28 % da água do planeta está no Oceano (Figura 2). Os demais 2,72 % podem ser encontrados na atmosfera ou nos continentes distribuídos em diferentes compartimentos (Figura 3). Em torno de 2,06 % da

água está nas geleiras e calotas polares. As águas subterrâneas representam 0,64 % de toda a água da Terra. Lagos doces correspondem a 0,0089 % e lagos salgados a 0,0074 % do volume de água do planeta. A umidade do solo responde por 0,0048 %, mais que os rios que correspondem a apenas 0,001 % da água no mundo. A atmosfera abriga 0,0009 % da umidade do planeta e a água presente nos organismos vivos praticamente desaparece quando fazemos essa comparação.



Figura 3. Distribuição da água nos continentes do Planeta Terra. Fonte: os autores, 2024.

Isso ocorre através do ciclo biogeoquímico da água, também conhecido como ciclo hidrológico. Este é responsável pela reciclagem da água no planeta evitando que ocorra seu fim.

O ciclo hidrológico ainda pode ser dividido em ciclo curto e ciclo longo. O chamado ciclo curto é aquele em que a água se transforma de um estado em outro, movendo-se no planeta. Ou seja, a água evapora por absorver a energia solar, passando para a atmosfera. O Oceano é o maior evaporador de água, mas outros corpos d'água e até seres vivos também são fontes de vapor d'água para a atmosfera. A água forma nuvens que viajam a sabor do vento e chovem, principalmente sobre os continentes. A precipitação também pode ocorrer como neve, névoa, orvalho ou granizo. Quando a água cai sobre o topo das montanhas ela pode permanecer congelada durante o inverno e descongelar lentamente com a mudança de estações. A água que cai sobre os continentes tanto pode ser absorvida pelo solo como formar rios que correm de volta para o Oceano, reiniciando o ciclo curto.



Figura 4. Ciclo curto da água. Fonte: os autores, 2024.

No chamado ciclo longo, a água é absorvida pelos organismos vivos e passa a fazer parte de seus organismos. As plantas, por exemplo, podem absorver água direto do solo enquanto os animais podem beber a água dos corpos d'água ou obtê-la na alimentação. Uma molécula de água pode ficar presa nos organismos vivos por muito tempo, passando de um para o outro através da cadeia alimentar. Eventualmente ela será excretada como suor, urina, nas fezes ou ainda ser devolvida ao ambiente quando o organismo morre e se decompõe. Esse tempo de "residência" nos seres vivos acaba sendo superior ao tempo que a água passaria para voltar ao Oceano no ciclo curto. Obviamente que a água pode ser retida muito tempo no topo das montanhas como gelo ou ainda nos lençóis subterrâneos que estão confinados em rocha impermeável.

Ainda nos seres vivos, a água pode sofrer reações bioquímicas e produzir outras moléculas como os carboidratos (ou seja, hidratos de carbono), proteínas e até mesmo óleos e gorduras. Essas moléculas também são transferidas na cadeia trófica e são chamadas de macronutrientes.

É importante ressaltar que não existe somente o ciclo biogeoquímico da água, outros componentes da natureza também passam por esse processo de reciclagem.

Os ciclos biogeoquímicos dizem respeito ao movimento de um determinado elemento (como por exemplo o oxigênio), além da água como vimos anteriormente, dentro da biosfera.

A biosfera é o conjunto de todos os ecossistemas, sendo a junção de todas as formas bióticas e abióticas (hidrosfera, litosfera e atmosfera), incluindo suas interações.

## Ciclo do carbono

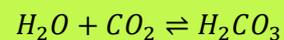
O ciclo do carbono ocorre de duas formas e em velocidades distintas, o ciclo geológico (A) e o ciclo biológico (B) do carbono, que, apesar de diferentes, estão interligados.

**Ciclo A** – Este ciclo é o mais demorado. Como o gás carbônico ( $CO_2$ ) é solúvel em água possibilita que ocorra troca de  $CO_2$  entre a atmosfera e o ambiente aquático, além da interação com a água da chuva, formando o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ). Nos oceanos esse ácido se dissocia, liberando íons bicarbonato e carbonato. Esses íons podem formar compostos insolúveis com metais como cálcio e magnésio. Também podem ser absorvidos por organismos vivos, formando a carapaça e esqueletos.

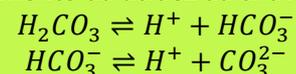


### Você Sabia?

O dióxido de carbono ( $CO_2$ ) reage com a água formando o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ).



O ácido carbônico forma uma solução dissolvida na água que faz a chuva ser levemente ácida, por isso é errado falar que a chuva não é ácida, entretanto mais a frente iremos abordar o agravamento da acidez da chuva.



Outra curiosidade é que essa acidez natural da chuva facilita a erosão das rochas formadas por silicatos.

Observando atentamente esse ciclo A, podemos entender o fenômeno chamado de acidificação do Oceano. Com o aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera causado pelas emissões de origem antrópica (ação humana), temos mais desse gás sendo absorvido pelas águas do oceano, formando mais ácido carbônico, que se dissocia muito mais, liberando mais íons H<sup>+</sup>, tornando o Oceano mais ácido.



### Vamos aprofundar?

Para saber mais sobre acidificação dos oceanos veja o material disponibilizado clicando [aqui](#).

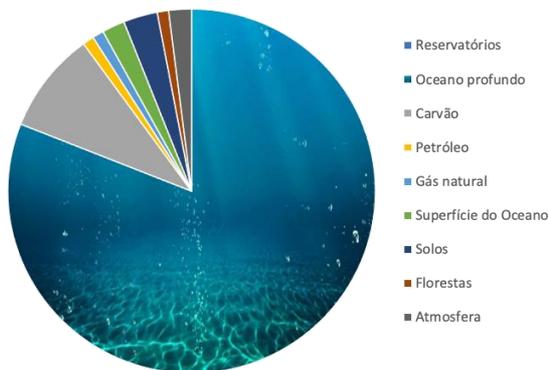


Figura 5. Reservatórios de Carbono. Fonte: os autores, 2024.

**Ciclo B** – Este envolve a participação dos seres vivos, em especial os organismos fotossintetizantes. Estes retiram o CO<sub>2</sub> da atmosfera e liberam O<sub>2</sub>. Esses organismos produzem biomassa a partir dessas substâncias inorgânicas, sendo chamados de autotróficos. Ou seja, existe aqui uma mudança química: o CO<sub>2</sub> é transformado em compostos orgânicos, como carboidratos (açúcares), lipídios (óleos, gorduras, ceras, etc.) e proteínas.

Os organismos heterotróficos que se alimentam dos seres fotossintetizantes e o carbono que agora está como matéria orgânica é absorvido e transportado ao longo da cadeia trófica. Os organismos através da respiração absorvem O<sub>2</sub> e liberam CO<sub>2</sub> para atmosfera, pela queda dessas moléculas orgânicas, com a finalidade de obter energia. Outra forma de liberação do carbono é através da decomposição, na qual o produto da reação metabólica dos seres decompositores aeróbicos é a liberação de CO<sub>2</sub> e água. Para os decompositores que trabalham na ausência de ar (chamados de anaeróbicos), o produto de decomposição é o metano (CH<sub>4</sub>).

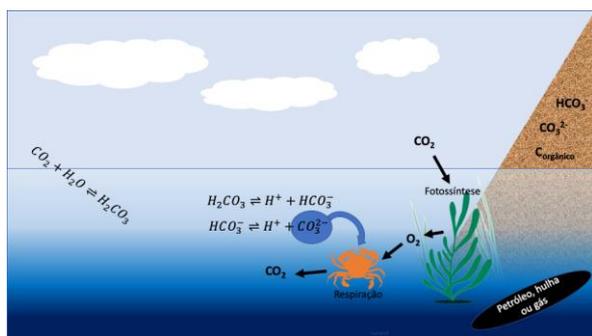


Figura 6. Ciclo A do Carbono. Destaque para os principais reservatórios de carbono. Fonte: os autores, 2024.

Sabemos que o carbonato que é originado dessa dissociação é utilizado por organismos marinhos para formar suas carapaças e esqueletos, porém, com o aumento da acidez, o carbonato de cálcio, principal constituinte dessas estruturas, fica mais solúvel. Outra questão é que organismos tem uma faixa de pH ideal para sua sobrevivência. Um pH mais ácido pode levar à morte de vários organismos. Já observamos a morte de algas que vivem dentro dos corais. Os corais são animais fixos que precisam dessas algas para alimentarem-se. Com a morte das algas, os corais também morrem. Esse fenômeno é conhecido como branqueamento dos corais (pois as algas que dão cor ao coral).

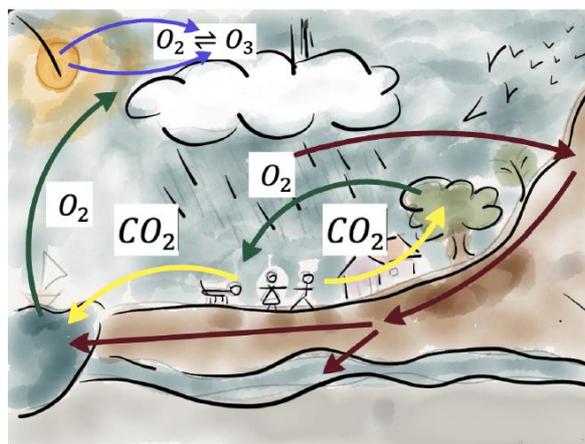


Figura 7. Ciclo B do Carbono (simplificado). Fonte: os autores, 2024.

### Ciclo do Nitrogênio

O nitrogênio é encontrado principalmente como gás nitrogênio (N<sub>2</sub>), representando 78% da

composição da atmosfera. Os principais atuantes no ciclo do N são as bactérias e as cianobactérias. O processo de fixação pode ser ocasionado por fatores físicos (A) ou biológicos (B).

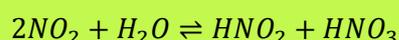
**Ciclo A** – O gás nitrogênio é considerado inerte, pois não reage em condições normais com quase nada. Através do contato de faíscas elétricas ou relâmpagos com o nitrogênio atmosférico, formam-se os óxidos de nitrogênio pela reação com o gás oxigênio também presente na atmosfera. Existem vários óxidos de nitrogênio, mas os principais produtos dessa reação são o monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>).

Nome	Fórmula
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O
Óxido nítrico	NO
Dióxido de dinitrogênio	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Trióxido de dinitrogênio	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Dióxido de nitrogênio	NO <sub>2</sub>
Tetróxido de dinitrogênio	N <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
Pentóxido de dinitrogênio	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>



Você Sabia?

Esses óxidos sofrem reações, inclusive sob ação da luz UV, entre si e com outros compostos. Um bom exemplo é a reação entre o dióxido de nitrogênio e a água. Essa reação leva à formação de ácido nítrico e ácido nitroso. Em pequenas concentrações, como ocorre naturalmente, não se podem observar muitos efeitos. Porém, em concentrações maiores (causadas por emissões de veículos a diesel ou atividades industriais) é possível acidificar a chuva o suficiente para causar corrosão em superfícies de edifícios e equipamentos.



O ácido nítrico ataca as superfícies porque todos os nitratos são solúveis. Ou seja, esse ácido forma sais solúveis com todos os metais, solubilizando-os na água.

**Ciclo B** – Uma outra rota de reação do nitrogênio gasoso envolve organismos vivos. Destaca-se a ação das bactérias do gênero *Rhizobium*. Estas se associam a leguminosas (feijão, soja, grão de bico, ervilha, etc.), formando uma relação de mutualismo, onde a planta oferece proteção e alimento e as bactérias fornecem o nitrogênio. Quando as leguminosas morrem o nitrogênio é liberado na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Em meio alcalino, o amônio se transforma em gás amônia (NH<sub>3</sub>). Além desse processo, o nitrogênio também pode passar pela nitrificação, realizadas pelas bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrococcus* que transformam o nitrogênio gasoso em nitrito e pelas bactérias do gênero *Nitrobacter* transformam o nitrito em nitrato, que é um nutriente extremamente importante para os organismos no solo ou na água. Algumas bactérias utilizam o nitrato como fonte de oxigênio em condições anaeróbicas, liberando nitrogênio gasoso para a atmosfera, no processo chamado de desnitrificação. Vemos, assim, que apenas bactérias participam dos processos de nitrificação e desnitrificação.

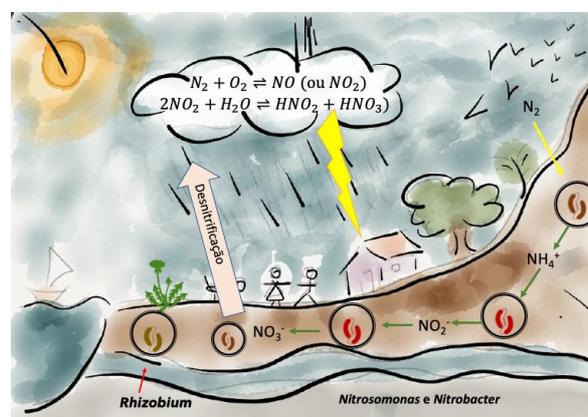


Figura 8. Ciclo B do Nitrogênio (simplificado). Fonte: os autores, 2024.

O nitrato presente no solo ou nas águas é um importante nutriente para os organismos fotossintetizantes que os utilizarão para a produção de vários compostos, como as proteínas. As cianobactérias, também chamadas de algas azuis, retiram nitrogênio gasoso da atmosfera e produzem aminoácidos que se ligam para formarem proteínas. Quando esses organismos morrem, sua degradação libera amônia.

Quando excrementos ou corpos dos organismos chegam ao solo ou às águas, fungos e bactérias trabalham na degradação de macromoléculas orgânicas, como as proteínas, liberando sais de amônio para o ambiente.

### **Ciclo do Fósforo**

O fósforo é um importante elemento para os organismos vivos. Ele está presente no DNA, RNA, nas membranas das células formando os fosfolipídios e também nas moléculas que usamos para transferir energia nos processos biológicos, as chamadas ADP (adenosinadifosfato) e ATP (adenosinatrifosfato). Embora seja um elemento extremamente importante para a vida, seus sais são pouco solúveis em água o que diminui muito sua disponibilidade.

Os sais de fósforo estão presentes na crosta terrestre e são dissolvidos lentamente na água. As plantas absorvem o fosfato inorgânico e transformam em compostos orgânicos contendo fósforo. Assim, o fosfato entra na cadeia trófica. Os animais também podem absorver fosfato da água, transformando-o em compostos orgânicos com consumo de energia.

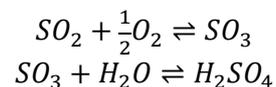
Existe, entretanto, uma concentração relativamente baixa de fosfatos na água. Devido a isto, esse nutriente é considerado limitante para o desenvolvimento da vida em ambientes aquáticos. As atividades humanas são fontes ricas em fosfato, tanto no esgoto doméstico quanto nos efluentes industriais.

No Oceano, uma importante fonte de fósforo é o guano. Esse material é produzido pelo acúmulo de fezes de aves ou morcegos. No mar, qualquer rocha pode ser um abrigo para o descanso das aves, que defecam e acumulam fósforo, que são lentamente lavados pelas ondas, servindo como fonte de fósforo em torno dessas rochas.

### **Ciclo do Enxofre**

Um outro elemento importante para os organismos vivos é o enxofre. Este elemento está

presente na crosta terrestre, na forma de sais em diferentes minerais. O enxofre também é emitido para a atmosfera nas atividades vulcânicas, na forma de óxidos de enxofre. Esses óxidos de enxofre reagem com a água e formam ácidos, que também podem contribuir para a acidificação das chuvas.



Muitos sulfatos são solúveis e isto leva os seus sais para a água, sendo transportado por rios e chegando ao Oceano. Essa solubilidade, entretanto, também torna a chuva corrosiva para algumas superfícies e materiais, causando prejuízos e atacando organismos vivos.

Além das fontes naturais de enxofre, atividades humanas como a queima de combustíveis pesados (como o diesel) e atividades industriais podem emitir óxidos de enxofre na atmosfera. Várias indústrias também utilizam os compostos de enxofre, como é o caso da produção de baterias de chumbo que contém ácido sulfúrico.

Para entendermos a importância deste elemento aos organismos vivos, ele está presente em aminoácidos e forma as ligações dissulfeto em proteínas, garantindo a estrutura tridimensional dessas importantes moléculas. Essas ligações garantem o funcionamento de enzimas e também o cacheado dos cabelos.

Com as atividades industriais trabalhando cada vez mais intensamente, a emissão de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio aumentaram concomitantemente. A reação desses gases com o vapor de água e outros elementos químicos da atmosfera formam o ácido nítrico e o ácido sulfúrico, gerando a chuva ácida.

A chuva ácida afeta diversos corpos hídricos (matando a microfauna ali existente desregula o nicho daquele ecossistema, ocasionando, aos poucos o desaparecimento dos peixes), por

“adoecer” florestas (alterando o pH do solo se altera o ambiente ótimo, dificultando a permanência das espécies) e por danificar monumentos antrópicos (como por exemplo, construções astecas e estátuas de representação histórica). Além disso as chuvas ácidas, através de reações químicas e alteração do pH podem se infiltrar no solo de ambientes aquáticos e ocasionar a liberação de metais pesados como chumbo e cádmio no ecossistema, causando a contaminação de solos e águas superficiais e subterrâneas.



Figura 8. Imagem ilustrativa do ciclo do enxofre. Fonte: os autores, 2024.

## Ciclo do Silício

O silício é um elemento abundante na crosta terrestre. Entretanto, os silicatos são compostos pouco solúveis (ou praticamente insolúveis). Ele está presente na areia, nas rochas, no leito dos rios, lagos e do Oceano. Sua baixa solubilidade limita o desenvolvimento de vários organismos que dependem diretamente deste elemento para forma estruturas orgânicas. Alguns exemplos de organismos que empregam silício na sua estrutura são as esponjas. Suas espículas podem ser formadas de carbonatos ou silicatos. Outros organismos importantes para o ecossistema

marinho são as diatomáceas. Esses organismos têm uma parede celular formada de sílica, chamada de frústula. Essas algas são responsáveis por 40% da produtividade marinha primária.

Nos rios e lagos, silício pode ser mais facilmente obtido a partir do material particulado em suspensão ou pelos sedimentos no fundo. No Oceano aberto isso é mais difícil, uma vez que o fundo está bastante longe da superfície, onde as algas fazem a fotossíntese.

Outra coisa importante, as rochas também sofrem um ciclo. O magma, material ígneo da rocha obtido pela alta temperatura nas camadas inferiores da crosta terrestre pode ser exposto ao ar por atividade vulcânica ou terremotos, por exemplo. Quando esse material entra em contato com a atmosfera ele esfria, formando uma rocha magmática (comumente com característica vítrea). Essas rochas são desgastadas ao longo do tempo por ação das intempéries (chuva, vento, neve, névoa, etc.). Isso forma um material chamado de sedimento (areia, silte, argila e suas misturas). Esse material vai sendo compactado com o passar do tempo e forma a chamada rocha sedimentar (como o arenito, por exemplo). Com o passar do tempo e ação da pressão e temperatura ao passo que vão afundando na crosta, as rochas sedimentares se transformam em rochas metamórficas. Aprofundando-se mais, sob ação de temperatura, as rochas voltam a se fundir, formando novamente o magma.

Nos rios e lagos, o material em suspensão pode ser bastante rico em silicatos, liberando lentamente esse elemento na água na forma de ácido silícico ou como os chamados ortossilicatos. No Oceano aberto, a quantidade de material em suspensão é muito baixa, por isso esse material é mais encontrado perto da costa dos continentes, sendo trazido pelas águas pluviais ou fluviais.

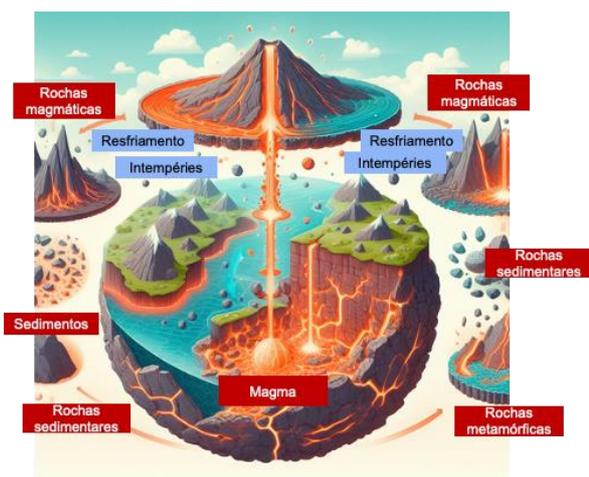


Figura 10. Ciclo das rochas na crosta terrestre (simplificado). Fonte: os autores, 2024.

Existem outros ciclos biogeoquímicos para vários elementos diferentes, porém eles não serão mencionados nesse fascículo.

## Ecologia e fluxos de matéria e energia

Ecologia é a ciência que estuda os organismos e suas relações entre eles e com o meio onde vivem. Ecossistemas são unidades formadas por fatores abióticos e bióticos que interagem entre si em um determinado intervalo de tempo. Assim, podemos definir a ecologia de ecossistemas como o estudo das trocas de energia e matéria, analisando a eficiência do seu uso ou transferência dentro da cadeia trófica.



Figura 11. Relações ecológicas. Fonte: os autores, 2024.



### Momento para refletir:

Os elementos mencionados nos ciclos biogeoquímicos em alguma etapa são absorvidos por algum organismo, para depois retornar ao início do ciclo. Entretanto, fica o questionamento se esse elemento, entre tantos outros, passa apenas por um único organismo antes de ser liberado para o meio? E a resposta é que na maioria das vezes, não, pois esses organismos fazem parte de um ecossistema. Levando isso em consideração, é importante entender como funciona a ecologia desses ecossistemas. De maneira geral os ecossistemas são divididos em dois tipos: aquático (lagos, lagoas, mangues, pântanos, rios, mares e oceano) ou terrestre (florestas, desertos, montanhas e pradarias).

As interações que ocorrem dentro de um ecossistema visam, de modo geral o fluxo de energia e matéria entre os organismos ali existentes, favorecendo a permanência destes seres naquele meio.



### Você Sabia?

O maior ecossistema que existe é a biosfera, pois este comporta todos os ecossistemas presentes no planeta.

Afinal, o que é fluxo de energia e de matéria?

- Fluxo de energia: Sempre ocorre em uma única direção (unidirecional). É importante ressaltar que a cada nível trófico a disponibilidade de energia é inferior ao nível anterior, uma vez que parte da energia é dissipada para as vizinhanças do sistema. A principal fonte de energia é o sol, que é absorvida em partes pelos seres fotossintetizantes

e disponibilizadas dentro da cadeia trófica. Como mencionado anteriormente, a energia disponibilizada tende a diminuir ao longo da cadeia trófica, isso acontece pois ocorre perda de energia em forma de calor para o meio. Como a transferência de energia é baixa, dificilmente uma cadeia alimentar ultrapassa 5 níveis tróficos. Esse processo se chama eficiência ecológica.

Para compreender melhor esses fluxos, leia o fascículo 2: Leis de Conservação da Massa e da Energia, desta série “Ciências do Ambiente”, clicando [aqui](#).

- Fluxo de matéria: Diferente da energia, a matéria percorre um fluxo cíclico, sendo constantemente aproveitada. A matéria também conhecida como biomassa é a parte ingerida pelos demais organismos dentro de uma cadeia trófica passando de um nível para o outro, uma forma dessa matéria voltar para o ambiente é através dos decompositores, que são responsáveis pela reciclagem da matéria orgânica. Outra maneira é através da respiração (que devolve o CO<sub>2</sub> para o meio). Esse fluxo favorece o ciclo dos elementos dentro de um ecossistema.



#### Momento para refletir:

Se o fluxo da matéria é cíclico e os elementos não se perdem, o que acontece com os elementos que não são eliminados pelo organismo? Neste caso ocorre a bioacumulação, que é proveniente da permanência de alguns elementos dentro do organismo do indivíduo (como o que observamos com os chamados POPs - Poluentes Orgânicos Persistentes).

Uma das interações estabelecidas, dentro de um ecossistema, entre as espécies é a predação. No caso, um organismo que tiver bioacumulado os

POPs e que for predado, conseqüentemente irá transferir esses poluentes para o próximo nível trófico. Ao longo da vida deste predador ele continuará se alimentando e pode acabar bioacumulando ainda mais esses poluentes, fazendo com que o próximo nível trófico obtenha esses elementos em maior concentração. Esse aumento de concentração do POPs em cada nível trófico devido o acúmulo em cada nível anterior se denomina biomagnificação.

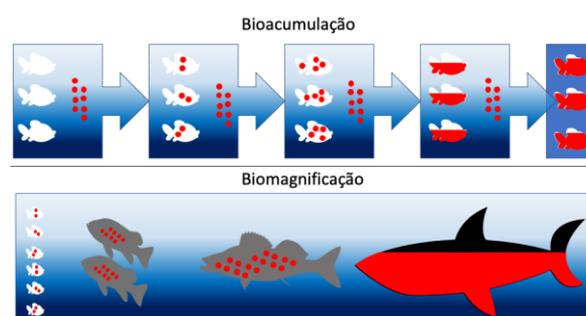


Figura 12. Esquema mostrando a bioacumulação (aumento de concentração da substância dentro do mesmo organismo) e a biomagnificação (aumento de concentração da substância ao longo da cadeia alimentar). Fonte: os autores, 2024.

## Metais

Além dos POP, alguns elementos químicos têm característica bioacumulativa: são os chamados metais-traço. Esses metais são chamados assim porque são encontrados em concentrações muito pequenas (nível de traços). Alguns desses metais são chamados de metais pesados. Os metais pesados são elementos situados entre o cobre e o chumbo na tabela periódica, possuindo alto número atômico, alta massa molar e, por isso, grande densidade (por isso são chamados de “pesados”) – aqueles metais com massa específica superior a 6 g cm<sup>-3</sup>. Alguns são elementos essenciais (importantes para os organismos vivos), como é o caso do zinco. Porém outros não possuem atividade biológica e por isso não são essenciais, podendo inclusive serem tóxicos, como no caso do mercúrio, do chumbo e do cádmio (esses estão presentes no nosso cotidiano através de aparelhos eletrodomésticos e eletrônicos).

Alguns metais leves, como é o caso do alumínio já tem demonstrado efeito tóxico sobre os organismos vivos. Outra coisa importante, elementos essenciais para alguns organismos podem ser tóxicos para outros. Por exemplo: o ferro é extremamente importante para os animais por participar do transporte de oxigênio pelas hemoglobinas, mas pode ser tóxico para vegetais ou microrganismos. Dependendo da sua concentração, um elemento essencial pode tornar-se tóxico.

Com o aumento das atividades industriais, metais que não seriam encontrados de maneira isolada, pois são muito reativos, começam a surgir com maior frequência, pois são descartados no meio ambiente como resíduo industrial.

Uma vez no meio ambiente, esses elementos podem ser ingeridos ou absorvidos por algum organismo, seja animal ou vegetal, e se distribuem ao longo da cadeia alimentar.

Como mencionado antes, elementos que não são metabolizáveis (elementos que os organismos vivos não conseguem transformar ou degradar) permanecem no organismo pelo processo de bioacumulação e conseqüentemente acarretará na biomagnificação desse elemento dentro da cadeia trófica.



#### Você sabia?

**Mercúrio:** pode se depositar em várias regiões do organismo, causando distúrbios e danos irreversíveis.

**Chumbo:** ataca principalmente o sistema nervoso central e periférico, medula óssea e rins.

**Crômio (VI):** causa lesões na pele e bronquite, ademais, se for absorvido em grande quantidade pode prover o desenvolvimento de células cancerígenas.

**Cádmio:** a intoxicação por este elemento pode provocar danos ao sistema ósseo, cânceres e outros distúrbios.

**Arsênio:** pode gerar lesões não cicatrizantes na epiderme, lesões em diversos órgãos vitais e se em concentrações elevadas, pode levar à morte do indivíduo.



Figura 13. Imagem ilustrativa de como nossas ações podem se voltar contra nós mesmos. Fonte: os autores, 2024.

É importante perceber como nossa interferência no meio ambiente é prejudicial e que muitas vezes sem percebermos essas conseqüências voltam para nós. Afinal, quem é a espécie topo de cadeia na maior parte dos ecossistemas?

Dessa forma vale repensarmos a nossa importância dentro do ecossistema e com base nisso tratar o meio ambiente como parte de nós e não como algo à parte e que não nos atinge.

## Referências

As necessidades da análise de metais pesados.

**TERRA ANÁLISES PARA AGROPECUÁRIA.**

Disponível em:

<<https://www.laboratorioterra.com.br/analise-metais-pesados>> Acesso em: 01/09/2022

BIOLOGIA. **UOL Educação.** Disponível em:

<<https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/biologia/fluxos-de-energia-e-ciclo-de-materia-da-cadeia-alimentar.htm#:~:text=Al%C3%A9m%20disso%20a%20cada%20transfer%C3%Aancia,a%20quantidade%20de%20energia%20dispon%C3%ADvel>> Acesso em: 30/08/2022

CESAR, Paulo. Ciclos biogeoquímicos. **PORTAL DE ESTUDOS EM QUÍMICA.** Disponível em:

<[https://www.profpc.com.br/ciclos\\_biogeoqu%C3%ADmicos.htm#6.1.A CHUVA %C3%81CIDA](https://www.profpc.com.br/ciclos_biogeoqu%C3%ADmicos.htm#6.1.A%20CHUVA%20%C3%81CIDA)> Acesso em: 29/08/2022

Ciclo da água. **EDUCA BRAS.** Disponível em:

<[https://www.educabras.com/ensino\\_medio/materia/biologia/ecologia/aulas/o\\_ciclo\\_da\\_agua\\_e\\_do\\_carbono](https://www.educabras.com/ensino_medio/materia/biologia/ecologia/aulas/o_ciclo_da_agua_e_do_carbono)> Acesso em: 29/08/2022

Intoxicação por metais pesados. **CLINICA**

**REVITALIZE.** Disponível em:

<<https://clinicarevitalize.com.br/noticias/intoxica-coes-por-metais-pesados>> Acesso em: 01/09/2022

MAGALHÃES, Lana. Ecosistema. **Toda matéria.**

Disponível em:

<<https://www.todamateria.com.br/ecossistema/>> Acesso em: 30/08/2022

Magnificação biológica. **INFOESCOLA.** Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/ecologia/magnificacao-biologica/>> Acesso em: 31/08/2022

Metais pesados. **INFOESCOLA.** Disponível em:

<<https://www.infoescola.com/quimica/metais-pesados/>> Acesso em: 01/09/2022

SANTOS, S. Vanessa. Fluxo de energia. **Mundo educação.** Disponível em:

<<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/fluxo-energia.htm>> Acesso em: 31/08/2022

SANTOS, S. Vanessa. Bioacumulação. **Mundo**

**educação.** Disponível em:

<<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/bioacumulacao.htm>> Acesso em: 31/08/2022

SANTOS, S. Vanessa. Ciclo do nitrogênio. **Mundo**

**educação.** Disponível em:

<<https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/ciclo-nitrogenio.htm>> Acesso em: 29/08/2022.