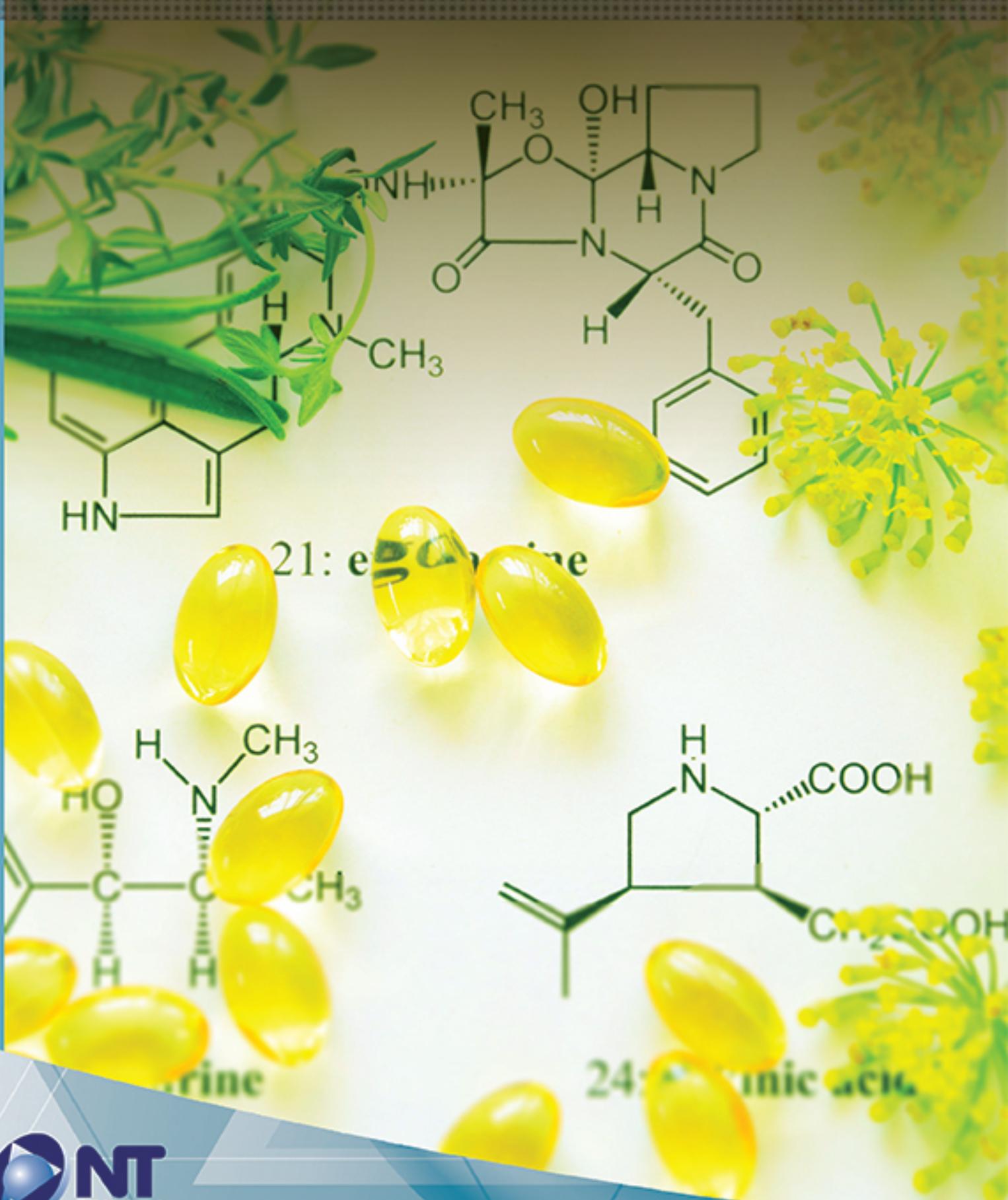


# QUÍMICA AMBIENTAL

Vinícius Assis

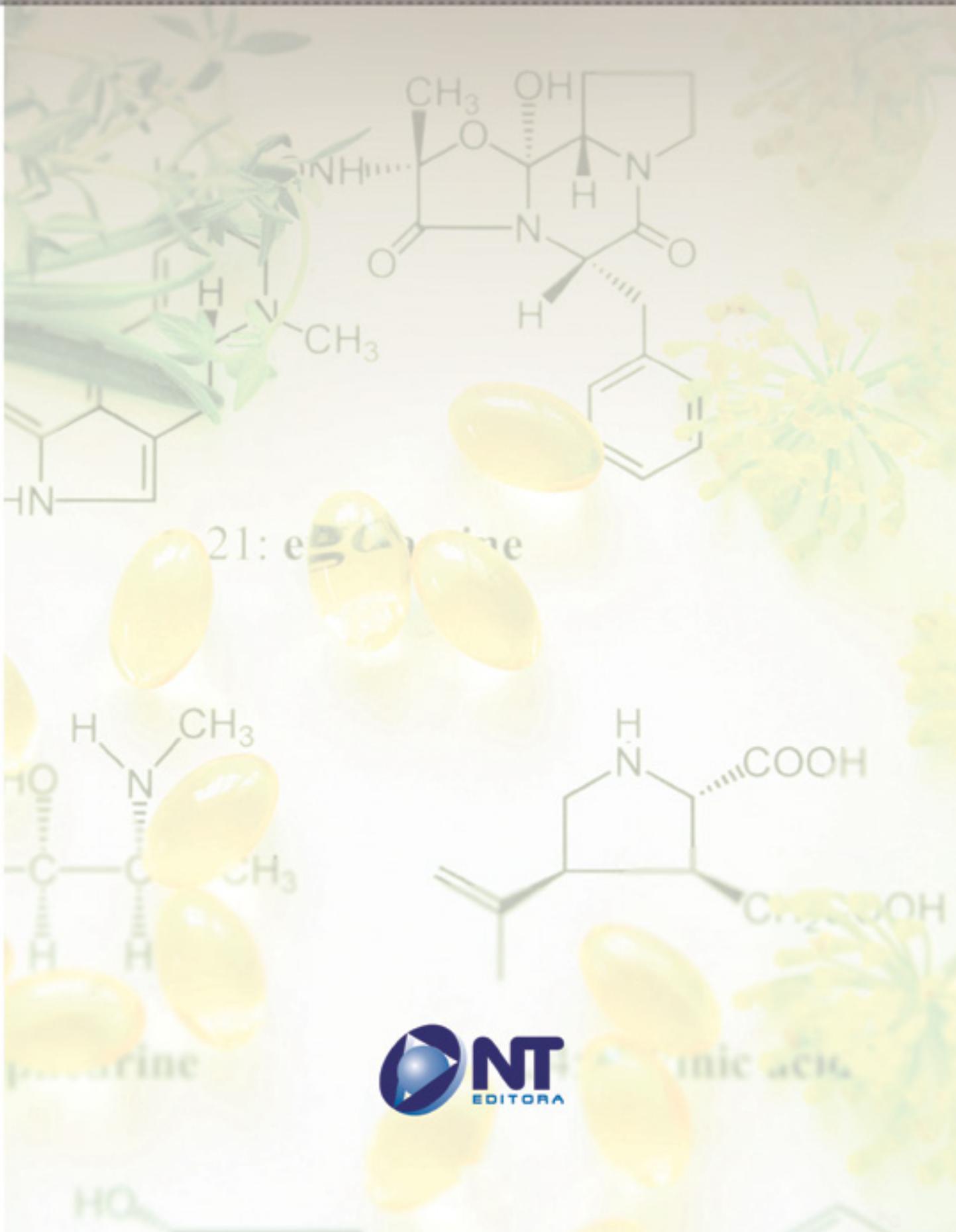
AMBIENTE E SAÚDE



# QUÍMICA AMBIENTAL

Vinícius Assis

AMBIENTE E SAÚDE



**Autor**

Vinícius Assis

Graduado em Engenharia Ambiental - Universidade Católica de Brasília. Especializado em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos - Universidade Federal do Goiás.

**Design Instrucional**

NT Editora

**Projeto Gráfico**

NT Editora

**Revisão**

Joice Vieira

Renata Bernardina

**Capa**

NT Editora

**Editoração Eletrônica**

NT Editora

**Ilustração**

Márcio Rocha

**NT Editora, uma empresa do Grupo NT**

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Assis, Vinícius.

Química ambiental / Vinícius Assis – 1. ed. – Brasília: NT Editora, 2015.

104 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-084-6

1. Ambiente. 2. Química.

I. Título

Copyright © 2015 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

## ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



### **Saiba mais**

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



### **Importante**

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



### **Dicas**

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



### **Exercícios**

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



### **Exercícios**

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

**Bons estudos!**

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO À QUÍMICA AMBIENTAL .....</b>	<b>7</b>
1.1 Química e o Meio Ambiente.....	7
1.2 Energia e fontes energéticas .....	17
<b>2 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL .....</b>	<b>22</b>
2.1 Conceito.....	22
2.2 Formas de Contaminação: Exposição, Distribuição e Transformação .....	23
2.3 Agentes químicos.....	26
2.4 Principais classes de contaminantes .....	30
<b>3 QUÍMICA AQUÁTICA .....</b>	<b>41</b>
3.1 Características e Composição da Água .....	41
3.2 Ciclo da água.....	47
3.3 Química aquática.....	48
3.4 Contaminação da água .....	49
3.5 Tratamento de águas .....	51
3.6 Amostragem e análise de águas.....	53
<b>4 QUÍMICA ATMOSFÉRICA .....</b>	<b>59</b>
4.1 Características e composição atmosférica .....	59
4.2 Contaminação atmosférica.....	63
4.3 Consequências da contaminação atmosférica.....	70
<b>5 PRODUTOS QUÍMICOS PERIGOSOS .....</b>	<b>78</b>
5.1 Conceito e riscos ambientais associados .....	78
5.2 Grandes acidentes de origem química.....	86
5.3 Responsabilidade das empresas quanto aos produtos químicos .....	92
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>104</b>

Seja bem-vindo à **Química Ambiental!**

A Química Ambiental é um ramo da Química que se formou a partir dela, se tornando uma disciplina abrangente e multidisciplinar, pois estuda diversas áreas da Química e relaciona-as com áreas das Ciências Ambientais.

Atualmente a Química Ambiental é uma disciplina muito importante, justificada pela tentativa de melhorar diversos aspectos relacionados à qualidade do meio ambiente, incluindo a qualidade de vida humana.

Aqui você terá a oportunidade de aprender sobre as características, interações, processos, produtos e substâncias químicas que existem na Terra, bem como algumas mudanças causadas pelo homem e suas relações com a química e o meio ambiente.

Não perca tempo! Aproveite a oportunidade para aprender e garantir seu sucesso profissional nas áreas de gestão ambiental a partir de uma boa qualificação acadêmica.

**Bons estudos,**

**Vinícius Assis da Mota.**



# 1 INTRODUÇÃO À QUÍMICA AMBIENTAL

## Objetivos

Ao final desta lição, você deverá ser capaz de:

- Compreender as ligações e relações entre a química e o meio ambiente;
- Entender o processo de ciclagem dos seguintes elementos: carbono, nitrogênio, oxigênio e enxofre;
- Conhecer as principais fontes e os modos de funcionamento das formas de energia que o homem utiliza.

Vamos, dar início aos nossos estudos.  
O que você sabe sobre química ambiental?



## 1.1 Química e o Meio Ambiente

Nas últimas décadas a humanidade e o planeta Terra vêm presenciando episódios de degradação ambiental nunca antes observados.

E você sabe o que a química tem a ver com o meio ambiente? Ela é uma ciência que estuda a matéria, bem como seus processos, transformações e a energia envolvida. Sendo assim, ela permite o conhecimento e entendimento de aspectos e fenômenos naturais e do meio ambiente.

Há algum tempo não havia as discussões e preocupações acerca do meio ambiente como as que ocorrem atualmente e, além disso, resíduos e substâncias perigosas eram gerados, utilizados e descartados muitas vezes sem a devida atenção que se tem hoje. Por tal motivo, a ciência da química e os conhecimentos gerados por ela contribuíam, e ainda contribuem, com o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos químicos.

Impulsionados por um consumismo cada vez mais forte e globalizado, os modelos atuais de crescimento econômico não levam em consideração os prejuízos causados pelo comprometimento dos recursos naturais, nem pelos danos e impactos causados aos ambientes naturais e aos seres vivos que ali habitam, o que leva a uma exploração da natureza e dos recursos naturais de forma voraz, não abrangente e inconsequente.



**Calota polar:** camada de gelo acumulada sobre a terra firme e que se mantém em estado sólido nos polos.

Problemáticas como o aquecimento global, o derretimento de **calotas polares**, casos recorrentes de contaminação de ambientes naturais em escala global, escassez de recursos naturais, como a água potável e os combustíveis fósseis, são vistos como possíveis motivos para uma crise mundial frente a uma possível escassez desses recursos num futuro próximo.

A degradação ambiental observada em várias das esferas das ciências ambientais como: a atmosfera (ar), a hidrosfera (água), a litosfera (crosta terrestre) ou a biosfera (seres vivos), foram determinantes para que enfrentássemos algumas consequências importantes, embora indesejáveis, mundo afora, como por exemplo a extinção ou risco de extinção de múltiplas espécies da fauna e flora, o surgimento de novas doenças, o comprometimento de aspectos ecológicos e ambientes naturais como florestas e manguezais, ou de recursos naturais (os solos agricultáveis, dos recursos hídricos) ou ainda dos outros recursos comentados no parágrafo acima.

Diante dessas problemáticas, a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou em 1972, em Estocolmo na Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente que reuniu autoridades, entidades, governos, assim como instituições e organizações não governamentais de vários países para alertar acerca da degradação ambiental que começava a ganhar maiores dimensões ao redor de todo o mundo, e discutir questões sobre novas ações, responsabilidades e novas formas de políticas ambientais. Um plano de ação foi criado nessa conferência, onde ficou incumbido aos participantes do encontro que cooperassem na busca de soluções para os problemas ambientais.

Em 1983, após 10 anos da Conferência de Estocolmo, a ONU criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. De 1983 a 1986 a comissão promoveu a discussão junto aos líderes de governos e das sociedades civis a fim de expandir um conceito de desenvolvimento sustentável que tivesse aplicação prática. Em 1987 foi publicado o Relatório Nosso Futuro Comum, que definiu o conceito de desenvolvimento sustentável, como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades.”



#### Curiosidade!

O Relatório Nosso Futuro Comum é conhecido como Relatório Brundtland, em homenagem à presidente da comissão, Gro Harlem Brundtland.



**Efluente:** resíduo líquido resultante de atividades antrópicas, como esgotos e indústrias.

## As cinco esferas das ciências ambientais

Como forma de aperfeiçoar o entendimento sobre o meio ambiente e os problemas ligados a ele surgem as ciências ambientais. Nas próximas linhas você conhecerá mais sobre essa ciência. Vamos lá?

As ciências ambientais são um conjunto de ciências multidisciplinares que estudam, por meio da abordagem científica, as integrações e as relações entre as cinco esferas: atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera e antroposfera (ações antrópicas). Em outras palavras, todas as ciências que envolvem tais integrações e relações compõem as ciências ambientais, como é o caso da Química Ambiental que será explicada mais adiante.

Veja a imagem abaixo: nela é possível identificar elementos das cinco esferas mencionadas anteriormente e também é possível identificar se as ações geradas no âmbito da antroposfera provocam alterações em todas as demais, ou seja, ações realizadas em uma fábrica ou indústria (exemplo ilustrado na figura a seguir) e se promovem alterações na atmosfera ao emitir poluentes gasosos no ar atmosférico, na hidrosfera ao despejar **efluentes** nos corpos hídricos, na litosfera, uma vez que são dis-

pensados efluentes e resíduos, muitas das vezes, por meio de fossas ou **sumidouros**, e consequentemente, acaba por afetar a biosfera, uma vez que foram alterados vários aspectos naturais do ambiente no qual os seres vivos estão inseridos.



**Sumidouro:** abertura no solo por onde se escoam algo ou escoadouro.

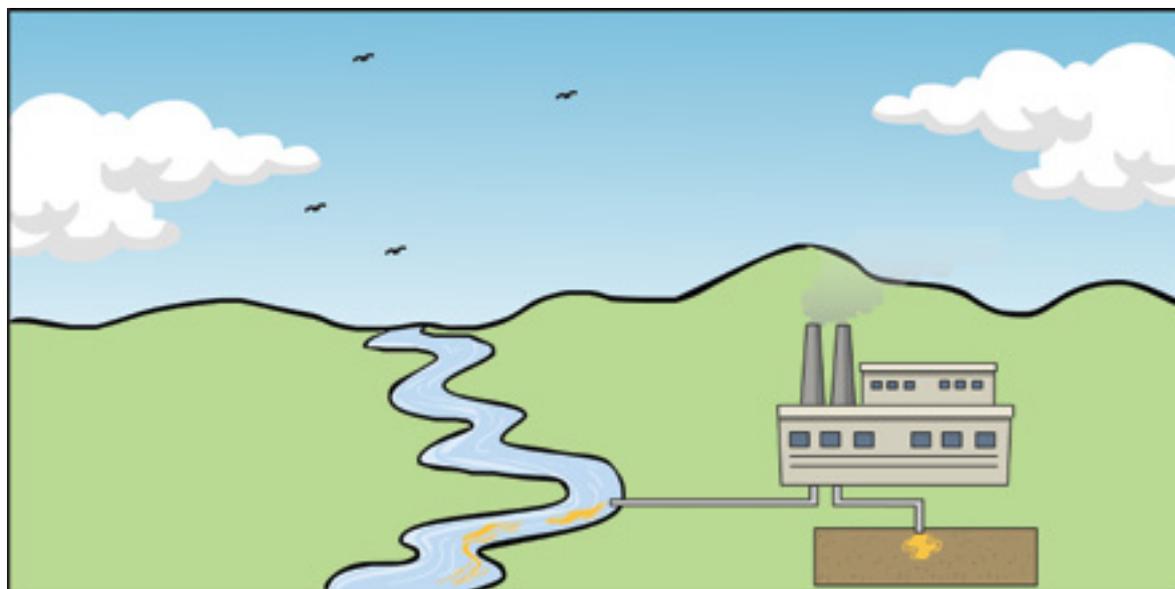


Figura 1. Elementos das cinco esferas das ciências ambientais.

Fonte: (Adaptado de MANAHAN, 2013).

## Ciclos biogeoquímicos

Como parte dos estudos da química e do meio ambiente, é de grande importância o conhecimento sobre os ciclos da matéria na natureza. O fluxo da matéria é possível entre os diferentes “reservatórios”, como são chamados os ambientes onde um determinado elemento químico pode ser encontrado, a exemplo dos solos, oceanos, atmosfera, sedimentos, ou seja, alguns elementos químicos transitam por entre as esferas da química ambiental que você viu acima.

### Exercitando o conhecimento

A respeito das cinco esferas das ciências ambientais e a presença de elementos químicos, qual das esferas vem provocando mudanças nos ciclos biogeoquímicos?

- a) ( ) Hidrosfera
- b) ( ) Atmosfera
- c) ( ) Antroposfera

...

*Se você marcou a alternativa “C”, antroposfera, acertou! Ela vem provocando mudanças nos ciclos biogeoquímicos. A presença de elementos químicos na antroposfera é cada vez mais frequente e, como bem vimos na Figura 1, as atividades humanas provocam alterações em todas as outras esferas.*



Veremos a seguir detalhes de alguns dos principais ciclos de elementos químicos: o ciclo do carbono, do nitrogênio, do oxigênio, além do ciclo do enxofre.

## Ciclo do Carbono

Vamos começar a falar do carbono. Ele pode ser encontrado basicamente em duas formas:

- A primeira é a orgânica, que constitui a matéria orgânica e os seres vivos;
- A segunda é a inorgânica, presente nos minerais e rochas.

Sendo assim, o carbono é o elemento indispensável na composição química de todo organismo vivo. Inclusive é o segundo elemento químico em maior abundância no corpo humano.

Dentro do ciclo é possível encontrar o carbono em diversas composições. Além disso, pode haver compostos de carbono em diferentes estados físicos, sendo eles: físico, líquido ou gasoso. Portanto é correto afirmar que o fluxo e o transporte do carbono na natureza podem ocorrer entre os três reservatórios ambientais (atmosfera, hidrosfera e litosfera), já que o carbono pode ser encontrado em qualquer um dos três principais estados físicos.

O ciclo do carbono pode ser resumido pelo consumo do gás carbônico (ou dióxido de carbono) presente na atmosfera através das plantas, uma vez que o composto é parte essencial do processo de fotossíntese das plantas e, concomitantemente, pela liberação do mesmo gás carbônico à atmosfera pelos seres vivos que se utilizam da respiração.

Uma vez que o carbono presente no gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é absorvido pelas plantas em função da fotossíntese, ou até mesmo quando as plantas absorvem os carbonatos e bicarbonatos presentes na água do solo, ele será parte integrante da composição química dos seres. O que nos permite afirmar que o carbono faz parte do consumo de substâncias orgânicas vitais ao reino vegetal.

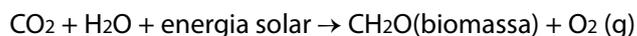
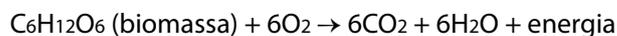
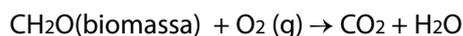


### **Olha a química aí, gente!**

De acordo com previsões científicas, a ciclagem do carbono atmosférico passando pelas etapas envolvidas e retornando à atmosfera demora cerca de 20 anos. Assim, se não houvesse mais o ciclo do carbono a partir de agora, todo carbono atmosférico seria consumido e extinto pela fotossíntese das plantas, algas e cianobactérias do planeta dentro dos próximos 20 anos.

Ainda sobre a fotossíntese, as plantas absorvem a energia solar e o gás carbônico da atmosfera, produzindo oxigênio e hidratos de carbono. Por outro lado, os seres vivos que se utilizam da respiração usam os hidratos de carbono para tal, produzindo gás carbônico. Resumidamente: a respiração devolve o carbono que é capturado da atmosfera para o processo da fotossíntese, de volta à atmosfera.

Observe nas reações químicas do quadro a seguir que mostra a fotossíntese, processo em que as plantas absorvem a energia solar e o gás carbônico da atmosfera, produzindo oxigênio (O<sub>2</sub>) e hidratos de carbono (CH<sub>2</sub>O). É importante saber que, por outro lado, os seres vivos usam os hidratos de carbono para a respiração, produzindo gás carbônico.

**Fotossíntese:****Respiração:****Decomposição:**

Após as plantas retirarem alguma parte de carbono da atmosfera, o fluxo do ciclo do carbono continua e, caso os animais herbívoros consumam parte dessas plantas no momento que assimilam os compostos orgânicos (os quais contêm carbono), podem transformá-los ou até sintetizá-los em novos compostos, por meio dos seus processos biológicos. Da mesma maneira, isso pode ocorrer quando animais carnívoros se alimentam de outros animais.

Como você pode observar, os seres vivos terrestres são elementos fundamentais na ciclagem do carbono. Basicamente as três principais formas de transporte do carbono dentro dos ecossistemas, quando já estão incorporados a algum ser vivo, são:

- Liberado para atmosfera na forma de gás carbônico, por meio da respiração;
- Assimilado por um ser animal de maior **nível trófico**, por meio da nutrição;
- Pela morte e **decomposição** dos seres vivos, liberado para a atmosfera na forma de gás carbônico.



**Nível trófico:** representa o conjunto biótico (animais e vegetais) que integra o mesmo ecossistema e nele possui hábitos alimentares semelhantes.

**Decomposição:** agente que pode realizar a decomposição.

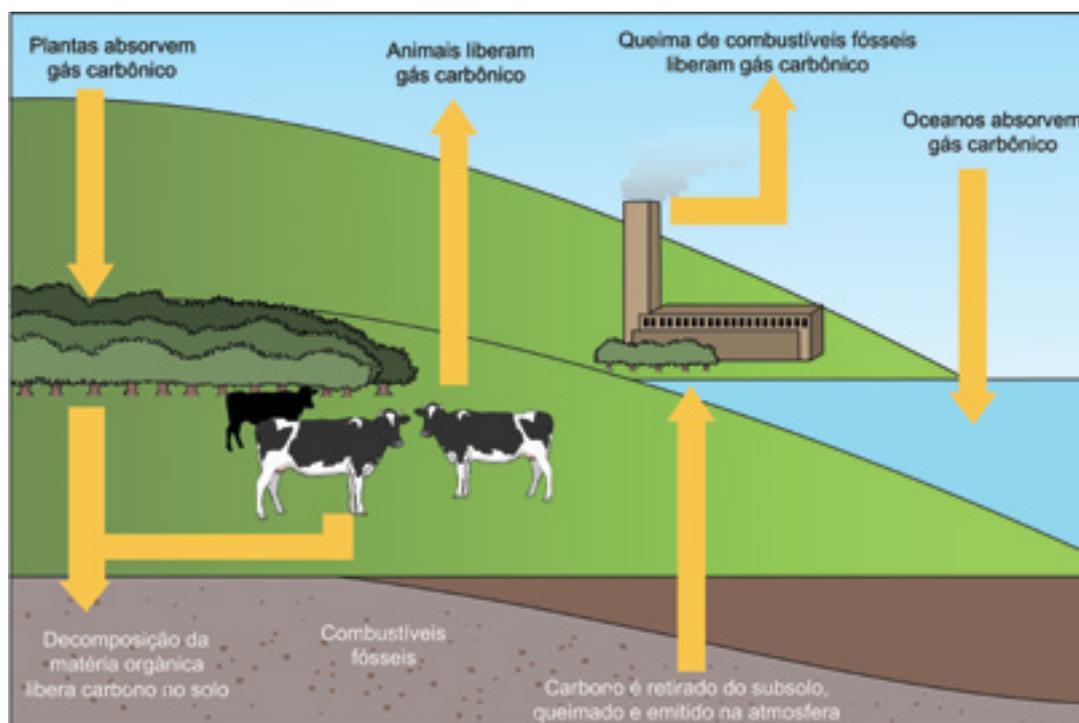


Figura 2. Ciclo do carbono.

A cada dia que passa uma hipótese vem ganhando credibilidade: a de que as atividades antrópicas que alteram o ciclo natural do carbono também influenciam diretamente o aquecimento e as mudanças climáticas globais, principalmente devido ao fato da ação humana de retirar combustíveis fósseis do subsolo para, por meio da queima, gerar energia. Esse fato tem como consequência a emissão do gás carbônico em níveis muito maiores do que a quantidade de CO<sub>2</sub> que as plantas retiram da atmosfera para realizar a fotossíntese, o que resulta no aumento da concentração desse gás na atmosfera.

## Ciclo do Nitrogênio

Assim como o carbono, o nitrogênio é outro elemento fundamental para os seres vivos, pois as atividades metabólicas dependem dele. Além do mais, os seres vivos utilizam nitrogênio para produzir moléculas complexas como é o caso dos aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.



### Exercitando o conhecimento

Em sua opinião, qual elemento químico é o principal constituinte do ar atmosférico?

- a) ( ) Hidrogênio
- b) ( ) Nitrogênio
- c) ( ) Oxigênio

...

*Se você marcou a alternativa "B", nitrogênio, acertou, pois a maior parte desse elemento químico encontra-se na atmosfera.*



O nitrogênio é responsável por cerca de 78% da composição química atmosférica, porém ele é elemento inutilizável pela maioria dos seres terrestres, pois o nitrogênio gasoso (N<sub>2</sub>) é bastante estável, e por isso não tem muita capacidade para reagir com outros compostos.

**Íon:** átomo que possui déficit ou excesso de elétrons, resultado de um átomo ou molécula que perdeu ou ganhou elétrons.

Embora seja encontrado em abundância na atmosfera, o nitrogênio também pode ser encontrado nos solos ou na água. Nos solos, por exemplo, é um nutriente fundamental para a fase de crescimento das plantas, porém a disponibilidade dele para tais seres pode ser comprometida devido ao fato das plantas conseguirem obtê-lo somente de três compostos sólidos nitrogenados, os quais não são tão abundantes, sendo os seguintes: **íon** de amônia (NH<sub>3</sub>), íon de nitrito (NO<sub>2</sub>) e íon de nitrato (NO<sub>3</sub>). E ainda acontece que as plantas absorvem o nitrogênio via nitrato, já que o íon de amônio pode apresentar toxicidade às plantas. Esses compostos só se encontram disponíveis às plantas devido aos processos como a fixação e a nitrificação.



Não são muitas espécies que são capazes de fixar o nitrogênio presente na atmosfera, somente bactérias, cianobactérias e algumas espécies de fungos o fazem. As bactérias e cianobactérias são as maiores responsáveis por tal feito, assim como as bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio nas raízes apenas de plantas leguminosas. Além disso, algumas espécies de fungos também são capazes de fixar nitrogênio nas raízes de plantas.

Todas essas formas de fixação do nitrogênio através dos diversos micro-organismos são realizadas por meio da captação do nitrogênio atmosférico, o qual reage com hidrogênio e se transforma em amônia, que fica disposta no solo e assim pode ser absorvida pelas plantas. A amônia encontrada no solo pode ser resultado do processo de fixação, explicado acima, ou de amonificação, que consiste no processo de decomposição de compostos nitrogenados presentes na matéria orgânica.

Após a amônia ser liberada no solo, a próxima fase no ciclo do nitrogênio é a nitrificação, onde ela é convertida em nitrato. O processo é dividido em duas etapas:

- Na primeira a amônia é convertida em nitrito ( $\text{NO}_2$ );
- Na segunda o nitrito é convertido em nitrato ( $\text{NO}_3$ ).

E para completar o ciclo, parte do nitrato é transformado em nitrogênio mais uma vez, e retorna à atmosfera no estado gasoso ( $\text{N}_2$ ) em um processo denominado desnitrificação, onde as bactérias na ausência de oxigênio utilizam o nitrato para realizar a respiração **anaeróbia**, liberando nitrogênio para atmosfera.



**Anaeróbio:**  
ações, funções ou organismos que não dependem de oxigênio.

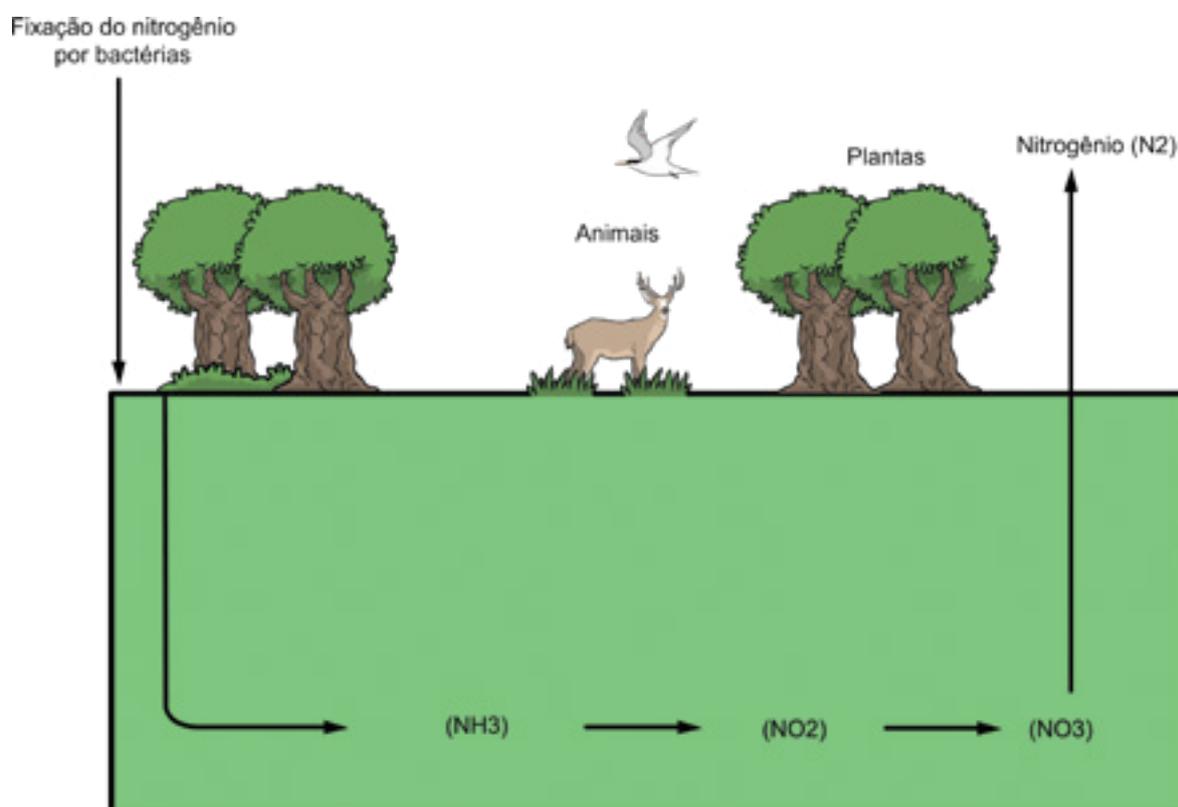


Figura 3. Ciclo do Nitrogênio.

Assim como ocorre no ciclo do carbono, as atividades humanas alteram significativamente o ciclo do nitrogênio ao introduzir quantidades enormes de nitrogênio ao solo na forma de fertilizantes sintetizados a partir da captação do  $\text{N}_2$  atmosférico, uma vez que os nitratos são fundamentais ao crescimento das plantas. Não se sabe ao certo ainda o efeito que se pode ter ao retirar muito mais nitrogênio da atmosfera para dispor nos solos do que ocorre na ciclagem natural, mas as previsões apontam para um conhecimento num futuro próximo sobre alguns impactos complexos causados ao meio ambiente devido à tais alterações.

## Ciclo do Oxigênio

O fluxo do oxigênio dentro do seu ciclo tem passagens em quatro reservatórios: a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera. O ciclo do oxigênio tem uma ligação íntima com o ciclo do carbono, uma vez que os dois principais processos destes ciclos são a fotossíntese e a respiração dos seres vivos. Isso demonstra a importância do oxigênio para os seres vivos.



### Exercitando o conhecimento

- a) ( ) Atmosfera
- b) ( ) Hidrosfera
- c) ( ) Litosfera

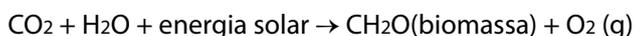
...

*Se você marcou a alternativa "A", atmosfera, acertou. Pode parecer estranho, mas somente cerca de 0,5% do oxigênio estão presentes na atmosfera e biosfera juntos, pois aproximadamente 99,5% do oxigênio se encontra nos oceanos. Além disso, o oxigênio é o segundo elemento mais abundante na atmosfera e o mais abundante na litosfera e hidrosfera, respectivamente, crosta terrestre e oceanos.*

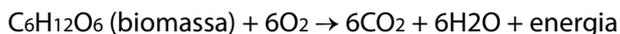
O oxigênio, antes do surgimento dos seres terrestres, foi gerado pelas cianobactérias em um período primitivo do planeta Terra e acumulado na atmosfera por um longo período na forma de oxigênio gasoso (O<sub>2</sub>) e gás carbônico (CO<sub>2</sub>), e os dois gases formam juntos a água (H<sub>2</sub>O), os principais compostos químicos oxigenados.

A maior forma de produção de oxigênio é a fotossíntese, onde o carbono e o oxigênio presentes no gás carbônico são incorporados à composição vegetal das plantas. Nesse processo as moléculas de água são quebradas e os átomos de oxigênio (O<sub>2</sub>) são liberados na atmosfera. Outra forma de liberação do oxigênio para a atmosfera acontece na decomposição da matéria orgânica, que ao mesmo tempo em que libera, consome oxigênio. Como falamos no ciclo do carbono, há oxigênio na composição de todas as substâncias químicas ligadas à fotossíntese, à respiração e à decomposição. Observe mais uma vez:

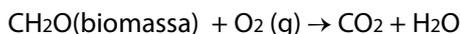
Fotossíntese:



Respiração:



Decomposição:



O oxigênio também sofre transformações na estratosfera, uma camada com distância de até 50 km da superfície terrestre. Aqui o oxigênio ao reagir com a radiação ultravioleta forma o ozônio (O<sub>3</sub>).

#### Para refletir!

O gás ozônio forma uma camada conhecida como Camada de Ozônio, que nos serve de proteção contra os mesmos raios ultravioletas, pois é uma radiação prejudicial aos seres vivos.

E a principal causa do desaparecimento do ozônio nessa camada é a emissão dos clorofluorcarbonos, ou CFC's, causada por ações humanas.

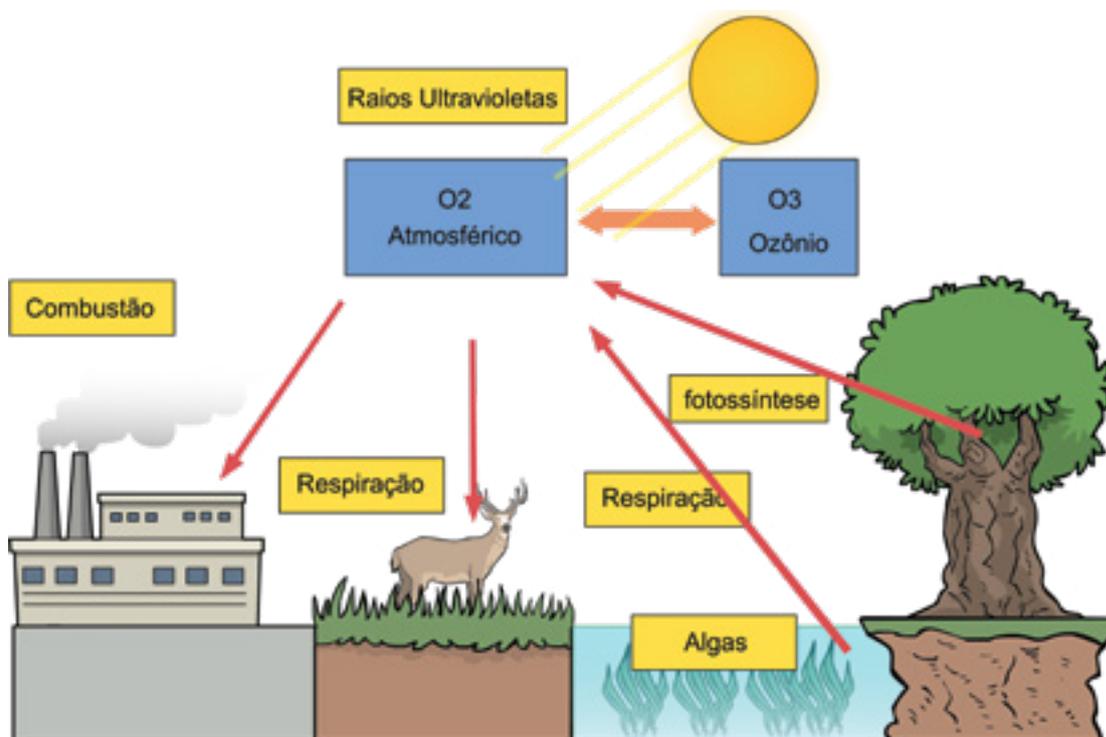


Figura 4. Ciclo do Oxigênio.

## Ciclo do Enxofre

Assim como o nitrogênio, o enxofre é muito importante para as formas de vida na Terra, por se encontrar na composição das moléculas de proteínas, que são vitais aos seres vivos. O enxofre é utilizado na produção de ácido sulfúrico, que é usado na fabricação de corantes, fertilizantes, pólvora e etc. O enxofre participa de um ciclo que se passa em dois reservatórios: a atmosfera e a litosfera. A maior parte do enxofre está disponível nos sedimentos da litosfera, seja no solo ou em rochas.

Enquanto permanece nos sedimentos, o enxofre se encontra na forma de minerais de sulfato, mas se dissolvido pela água presente no solo apresenta forma de íon de sulfato (SO<sub>4</sub>).

Já na atmosfera, o enxofre é encontrado na forma de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), ou de anidrido sulfídrico (SO<sub>3</sub>). Esses gases de enxofre são carregados aos solos pelas chuvas, transformando-se mais uma vez em íon de sulfato (SO<sub>4</sub>). A única forma natural de retorno do enxofre à atmosfera acontece

por meio da decomposição da matéria orgânica por micro-organismos, liberando gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), o qual possui uma vida curta na atmosfera, pois dentro de poucas horas após sua emissão ele reage transformando-se em dióxido de enxofre.

A queima dos combustíveis fósseis vem contribuindo para um maior aporte de gases de enxofre na atmosfera. Esses gases são tóxicos aos seres vivos, prejudicando a fotossíntese de seres vegetais e causando a intoxicação de seres animais. Para o ser humano, a presença desses gases no ar pode causar irritações nos olhos e pulmões.

Depois da liberação do gás dióxido de enxofre, ele reage com a umidade do ar atmosférico resultando no ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), um dos principais componentes responsáveis pelas chuvas ácidas. Além disso, o enxofre na forma de gases presente na atmosfera contribui para a ocorrência do SMOG, uma mistura tóxica de particulados atmosféricos que decorre durante as inversões térmicas, fenômeno que será discutido mais à frente.

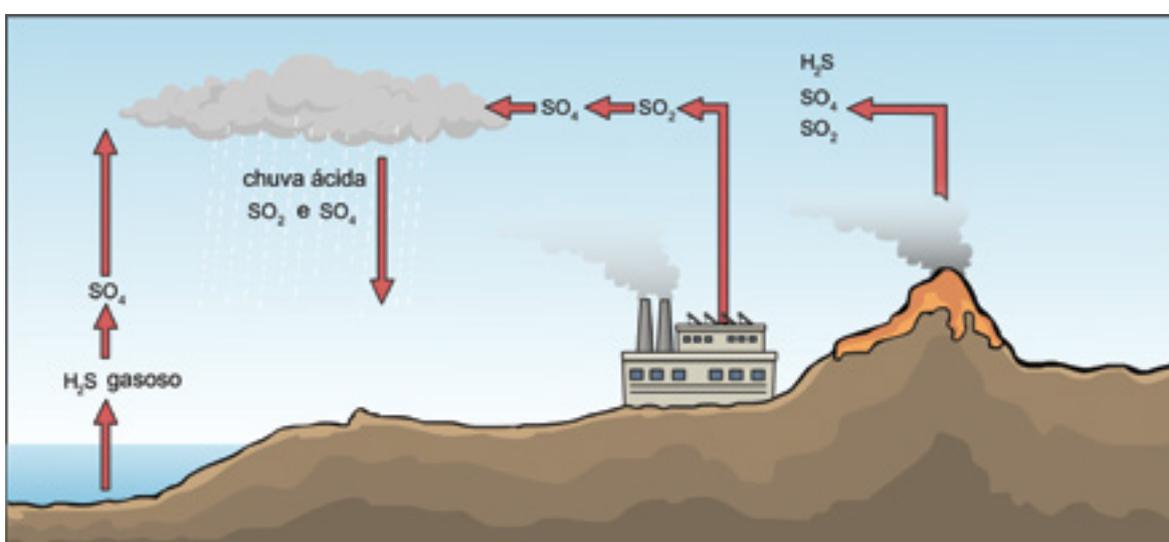


Figura 5. Ciclo do enxofre.



## Exercitando o conhecimento

De acordo com os conhecimentos que você obteve, responda: considerando o ciclo do enxofre, em qual dos reservatórios abaixo o enxofre não circula?

- a) ( ) Atmosfera
- b) ( ) Oceanos
- c) ( ) Solos

...

*Se você marcou a alternativa "B", oceanos, acertou! O enxofre é insolúvel em água e não ocorre reação na sua rara presença em ambientes aquáticos. Diferentemente dos outros ciclos estudados, o ciclo do enxofre é formado pelo fluxo e passagem desse elemento somente na atmosfera e nos sedimentos da litosfera.*

## Química ambiental

Hoje, com o crescente crescimento populacional no planeta Terra e o crescente avanço das atividades humanas vemos também o despertar e o crescimento de uma nova ciência: a Química Ambiental ou a Química do Meio Ambiente.

A Química Ambiental é um ramo da química. É uma disciplina abrangente e multidisciplinar, pois estuda diversas áreas da química relacionando-as com áreas de ciências ambientais como a Biologia, Ecologia, Geologia e de engenharias (ambiental, química, sanitária, civil, e de segurança).

Ela estuda as características, interações, processos, produtos, reações e substâncias químicas que existem no meio ambiente.

É uma disciplina muito importante, justificada pela tentativa de melhorar diversos aspectos relacionados à qualidade do meio ambiente, incluindo a qualidade de vida humana.

### 1.2 Energia e fontes energéticas

Assim como a matéria, a energia possui um fluxo dentro da natureza e é necessária para manutenção da mesma, bem como para seus processos e interações. Um exemplo disso é a energia solar, fonte de energia essencial para a grande maioria dos seres vivos, sobretudo para que as plantas realizem a fotossíntese, que constitui na aquisição de energia através da luz.

Contudo, o consumo humano de energia para satisfazer as ações **antrópicas** do modelo de desenvolvimento atual vem crescendo e se tornando cada vez mais impactante ao meio ambiente. Dentre as fontes de energia e seus danos causados, o mais expressivo é o impacto ambiental causado pela emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por meio da queima de combustíveis fósseis para a geração de energia. Vale lembrar que é um gás tóxico e é visto, entre os gases estufa, como o maior responsável pelo aquecimento global e o efeito estufa.

É correto afirmar que um grande empecilho para as questões energéticas de hoje é o fato de que algumas das fontes e formas de obtenção de energia usadas para o suprimento humano e sua sobrevivência estão se esgotando, principalmente quando se trata do petróleo.

Antes da revolução industrial a maior parte da energia utilizada pelo homem era gerada, mesmo que de forma indireta, pela energia solar ou pela energia gerada pela biomassa, sendo elas energias limpas que também podem ser chamadas de energias renováveis.

Após a revolução industrial e a invenção de máquinas e motores, o uso de combustíveis fósseis para gerar energia passou a ser largamente utilizado. Primeiramente, o carvão (combustível fóssil mais abundante), gás natural e petróleo começavam a ser as principais fontes energéticas dos países com jazidas disponíveis. Porém, um século depois o petróleo assumia esse posto, se tornando até hoje a principal fonte energética do planeta. Grande parte das pesquisas e pesquisadores acredita que o carvão voltará a figurar como nossa principal fonte de energia, devido à previsão de escassez do petróleo para aproximadamente cem anos. Enquanto que as previsões para que o carvão se torne escasso relatam algo próximo há daqui duzentos anos.

Nas últimas décadas o crescimento de fontes energéticas alternativas aos combustíveis fósseis tem sido muito importante para permitir um início de uma descentralização e independência, em relação à matriz energética proveniente de combustíveis fósseis. Fontes renováveis como a geração de energia por meio de usinas hidrelétricas, geotérmicas, eólicas e a tecnologia fotovoltaica (capaz de converter a radiação solar em energia elétrica) começam a substituir parte da geração de energia proveniente de recursos não renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis. Muitos incluem ainda a energia nuclear, que apesar de não depender de uma fonte renovável é considerada como uma "energia limpa".



**Antrópico:**  
algo que é  
resultante da  
ação humana.

A seguir o gráfico apresenta o percentual das principais fontes que foram utilizadas ao redor do mundo para geração de energia no ano 2000.

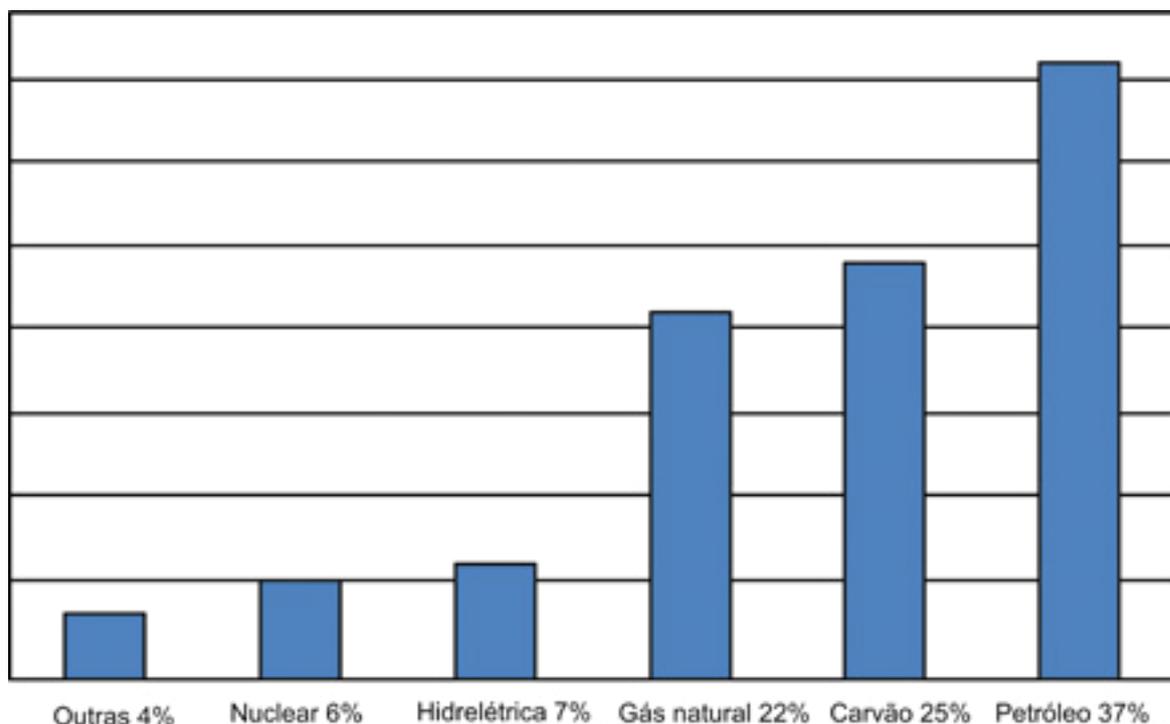


Gráfico 1. Fontes energéticas mundiais no ano 2000. Dados arredondados para números inteiros.

Fonte: (Adaptado de MANAHAN, 2013).

## Energia nuclear

Após o uso da bomba atômica, na segunda guerra mundial, ficou evidenciado o potencial da energia de um átomo, além de abrir margem para discussões em torno de uma nova fonte energética que fosse mais barata disponível e limpa. Ainda hoje a energia nuclear seja talvez a única forma de gerar energia elétrica capaz de suprir a demanda do planeta sem impactar o meio ambiente da forma como fazem as termelétricas.



**Fissão:** divisão de um átomo instável e pesado em dois ou mais átomos menores graças ao bombardeamento feito com nêutrons.

### Você sabia?

A energia liberada pela fissão de 1 grama de urânio equivale à energia produzida por 3 toneladas de carvão (ROCHA et al., 2009).

A geração da energia é possibilitada pela fissão nuclear, ou seja, pela divisão do núcleo atômico. Essa reação resulta em uma grande quantidade de energia, se comparada à outras reações químicas. Em um processo de fissão são liberados nêutrons do átomo dentro do reator, e eles tem uma importante funcionalidade, pois servem para gerar um novo processo de fissão em outro átomo. Estabelecendo assim uma reação em cadeia a partir da fissão de um átomo, é possível repetir o processo com vários outros.

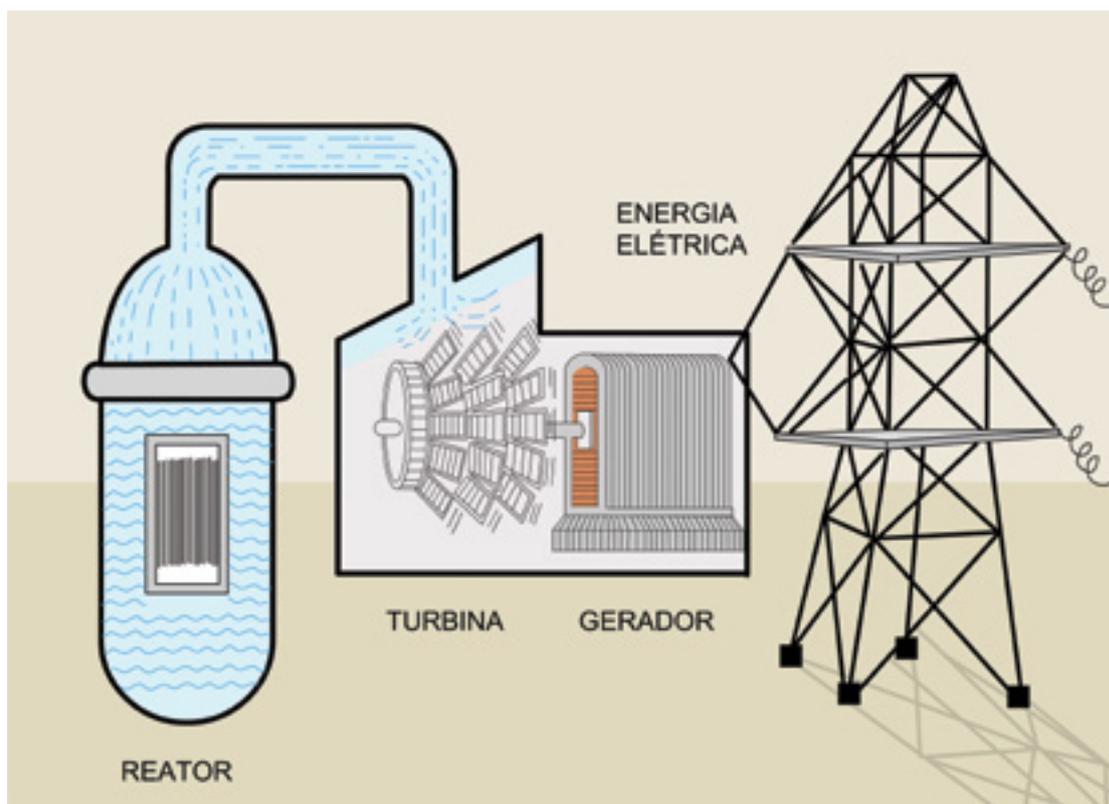


Figura 6. Funcionamento de uma usina nuclear.

A energia gerada pela divisão do núcleo atômico é responsável por esquentar a água do reator, gerando o vapor que é utilizado para movimentar a turbina que, por fim, é ligada a um gerador capaz de gerar energia elétrica.

Um dos aspectos mais negativos na geração de energia obtida por meio da tecnologia nuclear é que, assim como toda usina, a nuclear também gera resíduos. Mas merecem maior atenção os resíduos radioativos gerados nas usinas nucleares, pois essas substâncias são perigosas e necessitam ser armazenadas e dispostas em um local seguro. Atualmente, a forma de descarte que mais se tem utilizado é a disposição do material em minas abandonadas. Porém, detalhes como quais os tipos de material e de ambiente que podem ser usados para armazenar os resíduos ainda não foram tão bem esclarecidos, até porque esse material tem que ficar em isolamento durante décadas ou séculos, ou talvez por mais de um milênio.

## Resumindo

Nesta lição, vimos como a química desenvolve uma relação com o meio ambiente, assim como algumas consequências decorrentes das descobertas e dos usos de novas substâncias ou tecnologias geradas pela ciência da química.

Vimos também como as diferentes dimensões da natureza em que são baseados os estudos ambientais são divididas. Conhecidas como as cinco esferas das Ciências Ambientais.

A partir daí, estudamos alguns dos ciclos de elementos químicos mais importantes, denominados ciclos biogeoquímicos. Por meio do fluxo que ocorre nestes ciclos a matéria circula entre as esferas ambientais, também chamadas de reservatórios.

Foram abordados os ciclos do carbono, nitrogênio, oxigênio e enxofre e explicados alguns detalhes dos processos que compõem e mantêm esses ciclos, assim como as interferências que as atividades humanas exercem sobre eles.

Esta primeira lição ainda traz informações importantes acerca da energia e das fontes utilizadas para geração desta energia, essencial para o abastecimento e desenvolvimento humano, bem como para os padrões de vida atuais. Por fim, dá-se um destaque à energia nuclear, uma fonte de energia relativamente nova, que ainda tem muito a ser estudada.

**Ao final desta lição verifique se você se sente apto a:**

- Reconhecer as ligações e relação entre química e meio ambiente;
- Perceber o processo de ciclagem dos elementos carbono, nitrogênio, oxigênio e enxofre;
- Identificar as principais fontes e modos de funcionamento das formas de energia que o homem utiliza.



Parabéns,  
você finalizou  
esta lição!

Agora  
responda  
às questões  
ao lado.

## Exercícios

**Questão 1** – Qual das opções abaixo representa um elemento da biosfera?

- a) Solos.
- b) Rochas.
- c) Oceanos.
- d) Algas.

**Questão 2** – A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento criada em 1983 serviu, entre outras coisas, para estabelecer o conceito de:

- a) Degradação ambiental.
- b) Desenvolvimento sustentável.
- c) Meio ambiente e desenvolvimento.
- d) Química ambiental.

**Questão 3** – Qual das opções abaixo **não** representa uma das cinco esferas adotadas na química ambiental?

- a) Biosfera.
- b) Hidrosfera.
- c) Litosfera.
- d) Zoosfera.

**Questão 4** – Qual processo é conhecido por utilizar o gás carbônico da atmosfera no ciclo do carbono?

- a) Decomposição.
- b) Fotossíntese.
- c) Mineralização.
- d) Respiração.

**Questão 5** – Sobre o ciclo do nitrogênio, qual desses compostos nitrogenados não pode ser absorvido pelas plantas?

- a) NO.
- b) NO<sub>2</sub>.
- c) NO<sub>3</sub>.
- d) NH<sub>3</sub>.

**Questão 6** – Quais seres vivos são responsáveis pela liberação da maior parte do oxigênio para a atmosfera?

- a) Algas e cianobactérias.
- b) Animais aquáticos.
- c) Animais terrestres.
- d) Plantas.

**Questão 7** – A maior parte do enxofre presente na atmosfera se encontra sob a forma de:

- a) H<sub>2</sub>S.
- b) SO<sub>2</sub>.
- c) SO<sub>3</sub>.
- d) SO<sub>4</sub>.

**Questão 8** – Qual é a substância contaminante mais emitida à atmosfera pelo ser humano para a geração de energia elétrica?

- a) CO.
- b) CO<sub>2</sub>.
- c) NO<sub>2</sub>.
- d) SO<sub>2</sub>.

**Questão 9** – Qual é o tipo de usina mais utilizada no mundo para geração de energia elétrica?

- a) Solar.
- b) Nuclear.
- c) Hidrelétrica.
- d) Termelétrica.

**Questão 10** – Qual das opções abaixo não representa um combustível fóssil utilizado na geração de energia elétrica?

- a) Carvão mineral.
- b) Gás natural.
- c) Óleo diesel.
- d) Petróleo.