



Universidade Federal do Piauí

Centro de Tecnologia

Departamento de Recursos Hídricos , Geotecnia e Saneamento Ambiental

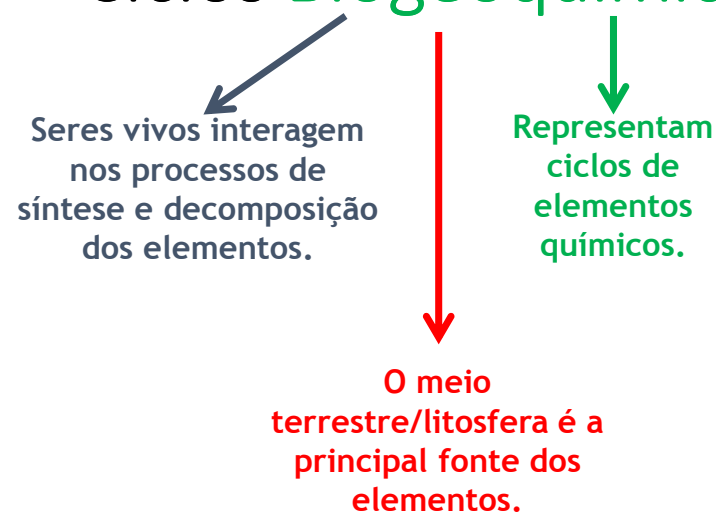
Ciclos Biogeoquímicos

Profa. Dra. Elaine Aparecida da Silva

Ciclos Biogeoquímicos

- Fluxos de energia e matéria:
 - A **transferência de energia**, a partir da captação realizada pelos organismos que fazem fotossíntese, percorre de forma **unidirecional** uma cadeia formada por diversos níveis (compostas de seres vivos), mantida por essa energia - cadeia alimentar, constituindo uma estrutura trófica.
 - O **fluxo da matéria** segue por meio da mesma estrutura trófica (as comunidades de seres vivos), contudo, esse fluxo é **cíclico**, diferentemente do fluxo de energia.

Ciclos Biogeoquímicos



Seres vivos interagem
nos processos de
síntese e decomposição
dos elementos.

Representam
ciclos de
elementos
químicos.

O meio
terrestre/litosfera é a
principal fonte dos
elementos.

A biogeoquímica é a ciência que estuda a troca ou a circulação da matéria entre os componentes vivos e físico-químicos da biosfera (ODUM, 1971).

Ciclos Biogeoquímicos

Classificação:

- **Ciclos locais:** envolve elementos que não apresentam mecanismos de transferência à longa distância (P).
- **Ciclos globais:** envolve trocas entre a atmosfera e o ecossistema – na biosfera (N, C, O e H₂O).

Ciclos Biogeoquímicos

Classificação:

- **Ciclos gasosos:** o depósito está na atmosfera ou hidrosfera.
 - Carbono - grande reservatório está na hidrosfera, na forma de gás carbônico, embora também esteja presente na atmosfera;
 - Nitrogênio - reservatório é a atmosfera.
- **Ciclos sedimentares:** depósito está na crosta terrestre.
 - Fósforo - reservatórios são as rochas formadas em remotas eras geológicas;
 - Enxofre - o maior reservatório são as rochas e sedimentos.

Ciclos Biogeoquímicos

- Em decorrência do tamanho do reservatório atmosférico, os ciclos gasosos tendem a ser mais auto-reguláveis que os sedimentares;
- Nos ciclos sedimentares, a imobilidade relativa da grande maioria dos elementos na crosta terrestre faz com que o ciclo esteja muito mais sujeito à alteração, por causa das intempéries e da ação do homem;
- A participação antrópica nos ciclos biogeoquímicos dá-se pela utilização do ar, da água e do solo como sumidouro de seus despejos.

Ciclos Biogeoquímicos

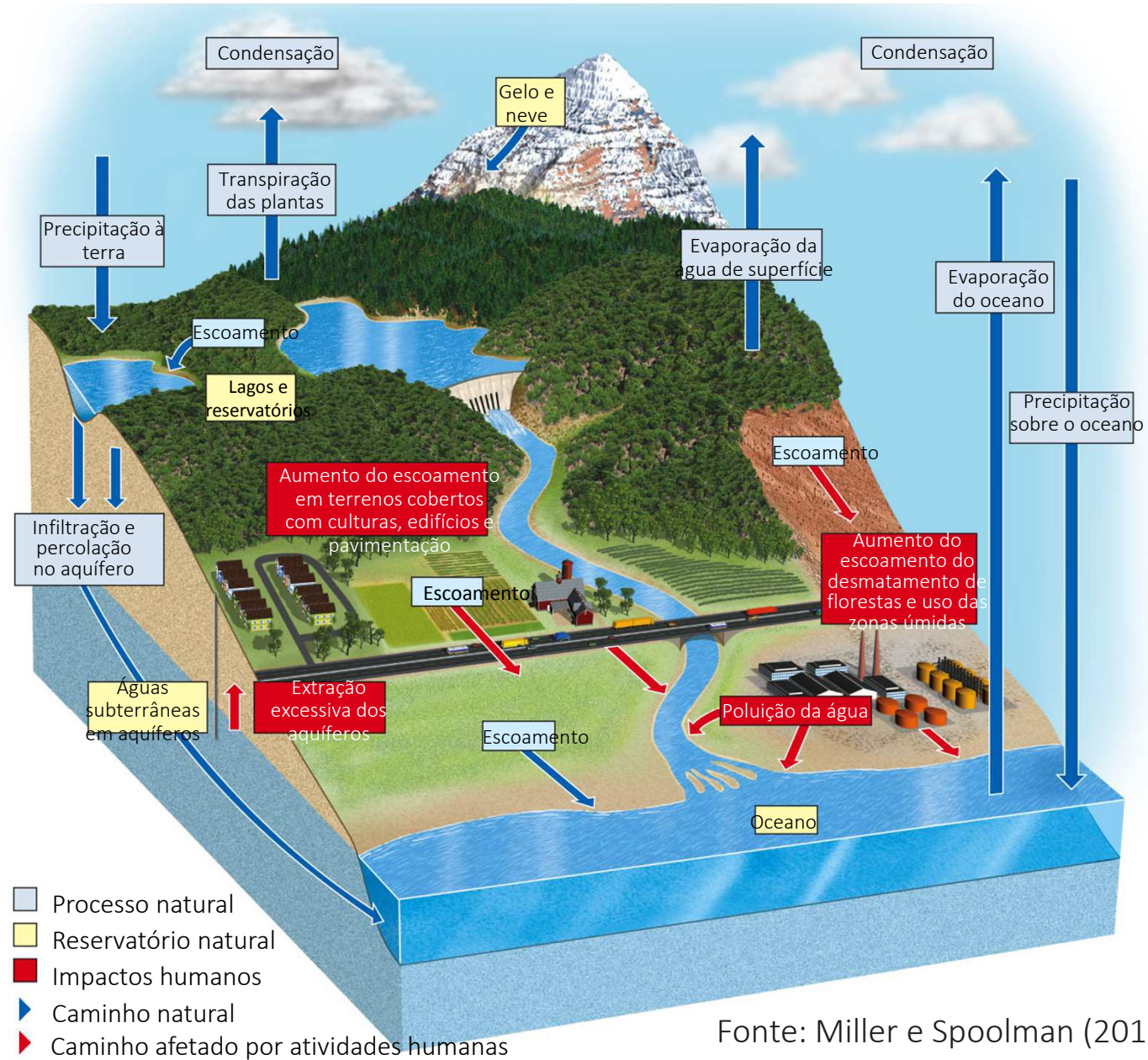
- Principais características:

- Um depósito ou reservatório (litosfera, atmosfera ou hidrosfera);
- Inclusão dos seres vivos (vegetais, animais e microrganismos);
- Câmbios químicos;
- Movimento do elemento químico desde o meio físico até os organismos e seu retorno a este;
- Os componentes bióticos e abióticos aparecem intimamente entrelaçados.

Ciclo da Água

- Renovação natural da qualidade da água - três processos principais:
 - Evaporação
 - Precipitação
 - Transpiração

Ciclo da água



Fonte: Miller e Spoolman (2012).

Alterações Antrópicas Ciclo da Água

- Retirada de grandes quantidades de água doce de rios, lagos e aquíferos, por vezes de maneira mais rápida do que a natureza pode substituí-la;
- Desmatamento para agricultura, mineração, construção de estradas, entre outras atividades;
- Impermeabilização (aumento do escoamento e diminuição da infiltração que reabastece as águas subterrâneas);
- Poluição das águas da superfície e do subsolo, como por nutrientes (fosfatos e nitratos presentes nos fertilizantes).

Ciclo do Carbono

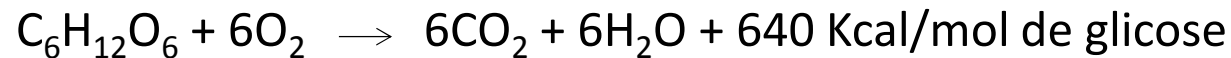
- O CO_2 é um componente-chave do termostato da natureza: se o ciclo remove muito CO_2 da atmosfera, ela esfria; se o ciclo gera um excesso de CO_2 , a atmosfera esquenta;
- Esse ciclo tem início a partir do momento em que as plantas, ou outros organismos autótrofos, absorvem o CO_2 da atmosfera e o utilizam na fotossíntese (ou quimiossíntese no caso de alguns organismos) incorporando-o às suas moléculas;
- As plantas utilizam CO_2 e o vapor de água da atmosfera para, na presença de luz solar, sintetizar compostos orgânicos de carbono, hidrogênio e oxigênio, tais como a glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Ciclo do Carbono



(Reação da Fotossíntese)

- A fixação do carbono em sua forma orgânica indica que a fotossíntese é a base da vida na Terra;
- A energia solar é armazenada como energia química nas moléculas orgânicas da glicose;
- A energia armazenada nas moléculas orgânicas é liberada no processo inverso ao da fotossíntese: a respiração;
- Na respiração, acontece a quebra das moléculas com a consequente liberação de energia para a realização das atividades vitais dos organismos.



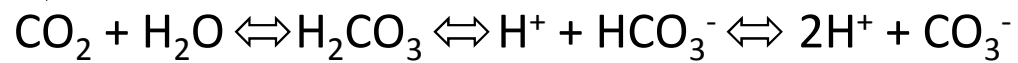
(Reação da Respiração)

Ciclo do Carbono

- Por meio da fotossíntese e da respiração o carbono passa de sua fase inorgânica à fase orgânica e volta para a fase inorgânica, completando, assim, seu ciclo biogeoquímico;
- **Fotossíntese** e **respiração** são processos de reciclagem do carbono e do oxigênio em várias formas químicas e todos os ecossistemas;
- A interação entre o CO₂ atmosférico e o aquático ocorre por meio de uma reação química de **difusão**, cuja direção depende da maior ou menor concentração do gás;

Ciclo do Carbono

CO₂ atmosférico



Ácido carbônico



Bicarbonato



Carbonato

- A reação é reversível e realiza-se no sentido da maior para a menor concentração;

Ciclo do Carbono

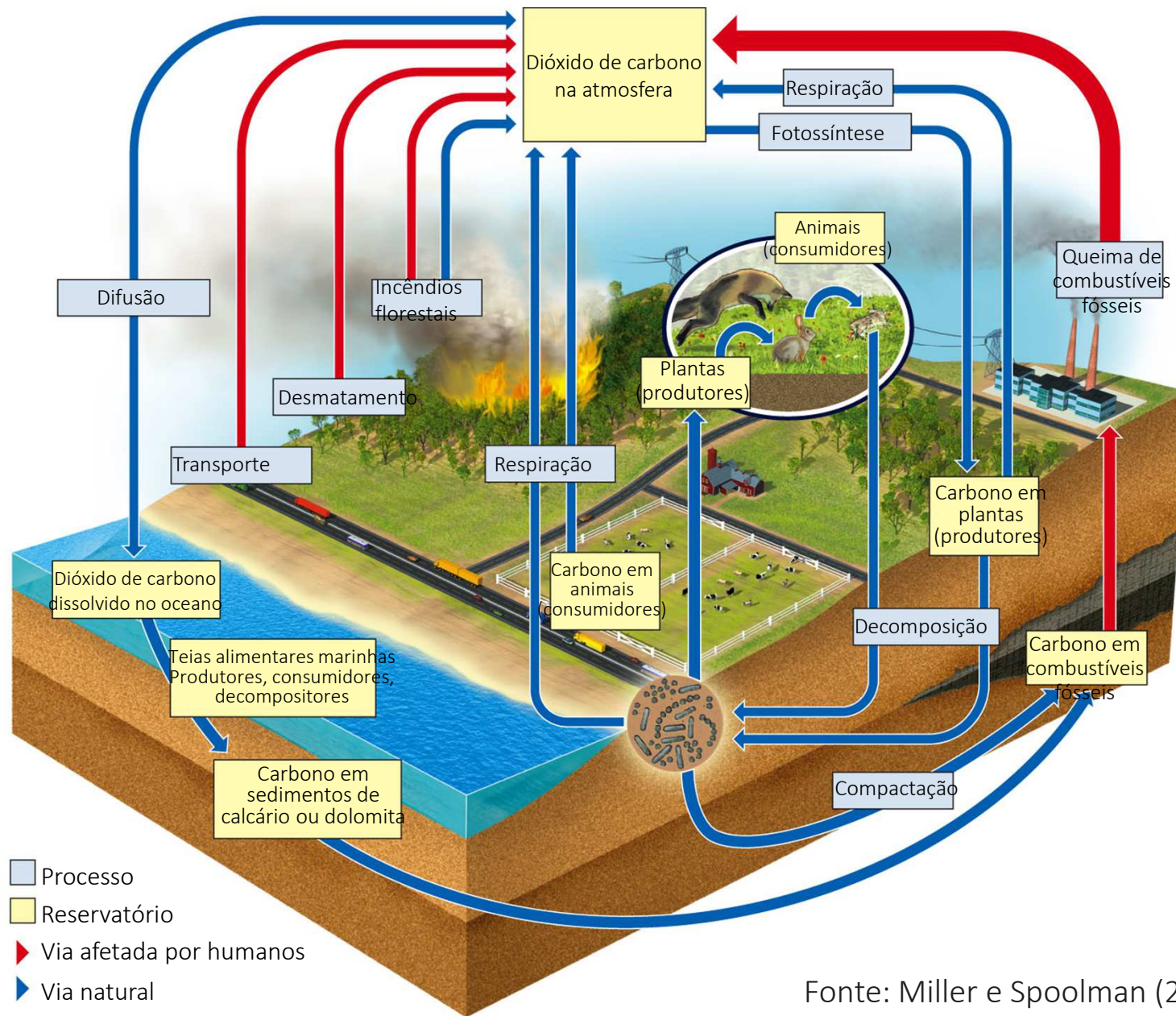
- **Ciclo Principal**

- Produtores, consumidores e decompositores participam, respectivamente, dos processos de fotossíntese e respiração;

- **Ciclo Secundário (mais lento)**

- Decaimento de plantas e animais que foram incorporados por processos geológicos na crosta terrestre. Nesses processos, os organismos foram transformados em combustíveis fósseis;
- Esse carbono não é liberado em forma de CO_2 para a reciclagem até que os combustíveis sejam extraídos e queimados, ou até que longos processos geológicos exponham esses depósitos ao ar.

Ciclo do Carbono



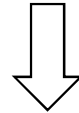
Fonte: Miller e Spoolman (2012).

Alterações Antrópicas no Ciclo do Carbono

- Desmatamento (remoção de plantas que absorvem CO_2 pela fotossíntese antes que elas possam crescer novamente);
- Queimadas;
- Uso de combustíveis fósseis (adição de grandes quantidade de CO_2);
- Urbanização e industrialização.

Ciclo do Nitrogênio

Aumento da população humana



Aumento da produtividade agrícola

- Tanto o nitrogênio como o fósforo são fatores limitantes do crescimento dos vegetais e, por isso, tornaram-se alguns dos principais fertilizantes utilizados na agricultura;

Ciclo do Nitrogênio

- A atmosfera é rica em nitrogênio (78% do volume da troposfera);
- Contudo, poucos organismos conseguem utilizar o nitrogênio gasoso;
- Neste ciclo, há um grande envolvimento biológico;
- Principal forma de nutriente para os produtores são os nitratos (NO_3^-);
- Os nitratos podem ser obtidos por meio da fixação de bactérias fixadoras de nitrogênio e das descargas elétricas (na forma de relâmpagos) que ocorrem na atmosfera.

Ciclo do Nitrogênio

- Quatro mecanismos:

1) Fixação do nitrogênio atmosférico em nitratos:

- Ocorre por meio dos organismos simbióticos fixadores de nitrogênio. Exemplo: espécie *Rhizobium*, que vive em associação simbiótica (mutualismo) com raízes vegetais leguminosas (ervilha, soja, feijão, etc.);
- O nitrogênio fixado é rapidamente dissolvido na água do solo e fica disponível para as plantas na forma de nitrato;
- As plantas transformam os nitratos em grandes moléculas que contém nitrogênio e outras moléculas orgânicas nitrogenadas, necessárias à vida;

Ciclo do Nitrogênio

2) Amonificação

- Bactérias mineralizam o nitrogênio produzindo gás amônia (NH_3) e sais de amônio (NH_4^+).

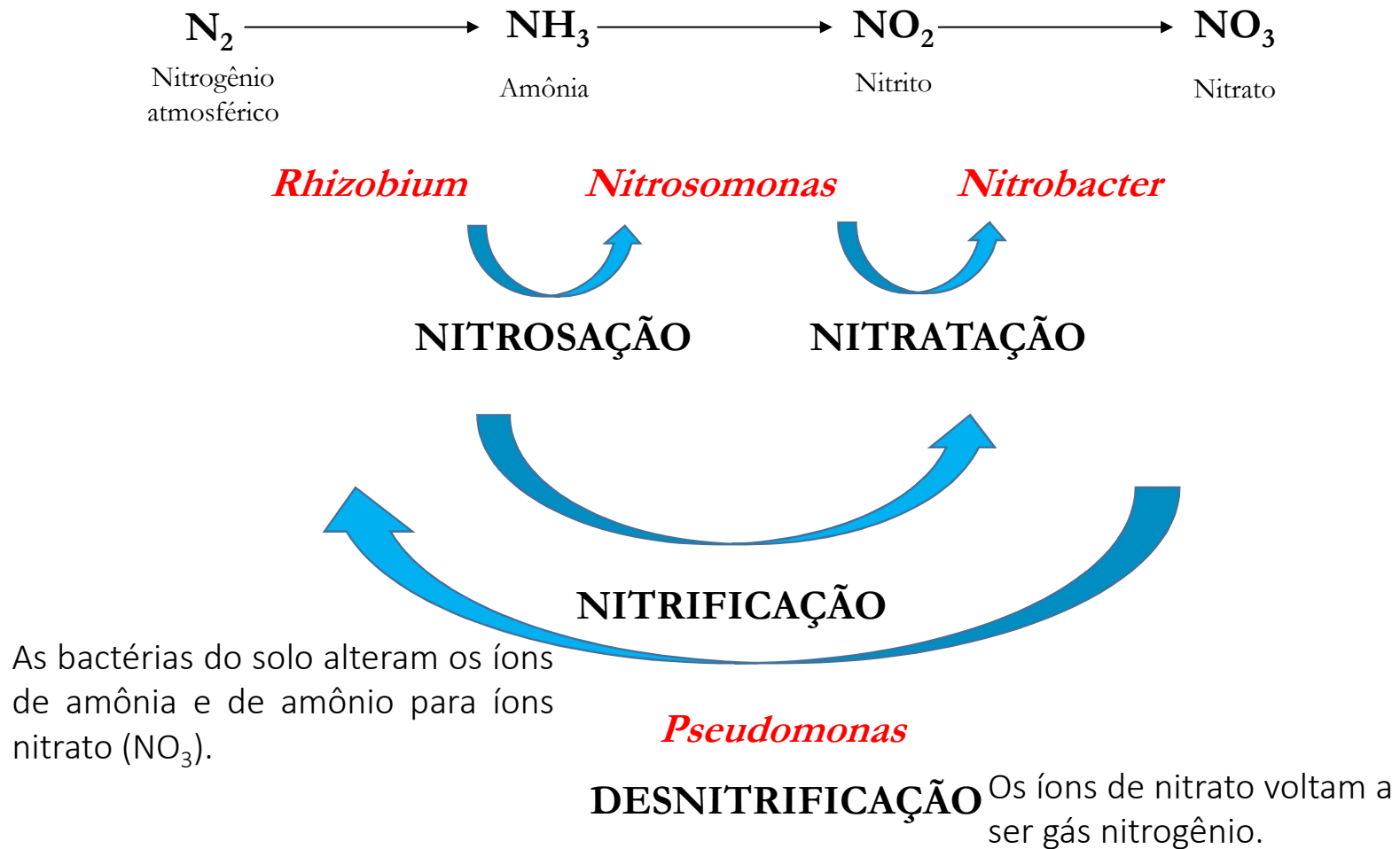
3) Nitrificação

- NH_4^+ e NH_3 são convertidos em nitritos no processo de nitrificação.

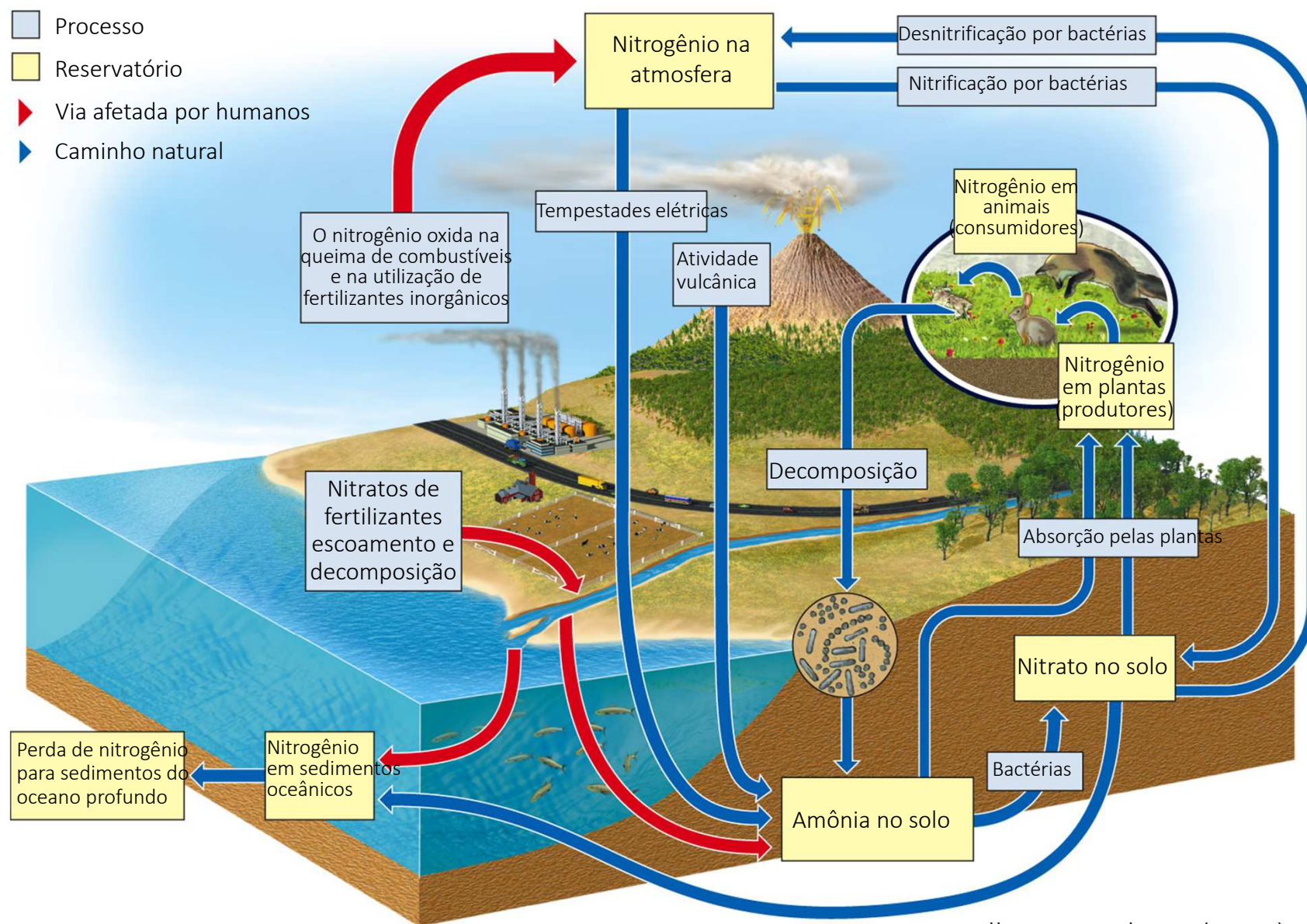
4) Desnitrificação

- Nitritos são transformados em nitratos por um grupo de bactérias quimiossintetizantes.

Ciclo do Nitrogênio



Ciclo do Nitrogênio



Fonte: Miller e Spoolman (2012).

Alterações Antrópicas no Ciclo do Nitrogênio

- Adição de grandes quantidades de óxido nítrico (NO) na atmosfera quando ocorre a combinação de N_2 e O_2 ao queimarmos qualquer combustível fóssil a altas temperaturas;
- Na atmosfera, esse gás pode ser convertido em dióxido de nitrogênio (NO_2) e em ácido nítrico (HNO_3), os quais retornam à superfície da Terra na forma prejudicial de deposição ácida, conhecida como chuva ácida;
- Destruição de florestas, campos e áreas alagadiças em que são liberados na atmosfera grandes quantidades de nitrogênio armazenado no solo e nas plantas em forma de compostos gasosos.

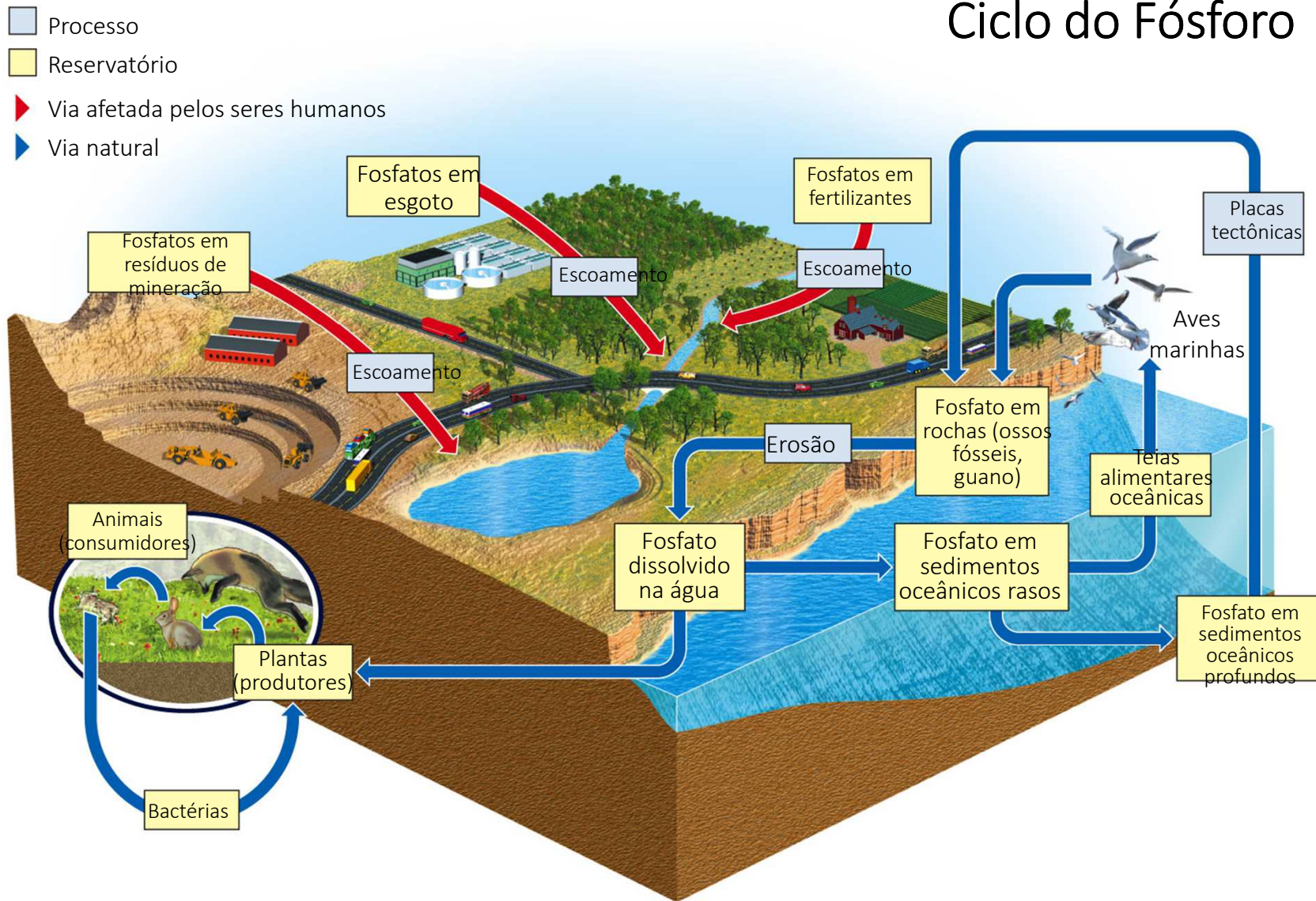
Alterações Antrópicas no Ciclo do Nitrogênio

- Adição de nitratos em excesso nos ecossistemas aquáticos através dos escoamentos agrícolas e das descargas dos sistemas de esgotos sanitários;
- Retirada de nitrogênio da camada superficial do solo ao colher safras ricas em nitrogênio, irrigar as plantações, queimar ou remover a vegetação de campos e florestas antes de efetuar o plantio.

Ciclo do Fósforo

- Percorre a água, a crosta terrestre e organismos vivos;
- O fósforo é um elemento de ciclo fundamentalmente sedimentar;
- Por meio de processos erosivos, ocorre a liberação do fósforo na forma de fosfatos, que serão utilizados pelos produtores;
- Parte é carregada para os oceanos, onde fica depositado a grandes profundidades ou é consumida pelo fitoplâncton;
- Os meios de retorno são insuficientes do fosfato para os ecossistemas a partir dos oceanos são insuficientes para compensar a parcela que se perde;

Ciclo do Fósforo



Fonte: Miller e Spoolman (2012).

Alterações Antrópicas no Ciclo do Fósforo

- Extração de grandes quantidades de rochas de fosfatos para fabricar detergentes e fertilizantes inorgânicos;
- Redução de fosfato disponível nos solos tropicais ao devastarmos as florestas;
- Destruição de ecossistemas aquáticos com fosfatos provenientes do escoamento de resíduos de animais e fertilizantes e descargas do sistema de esgotamento sanitário.

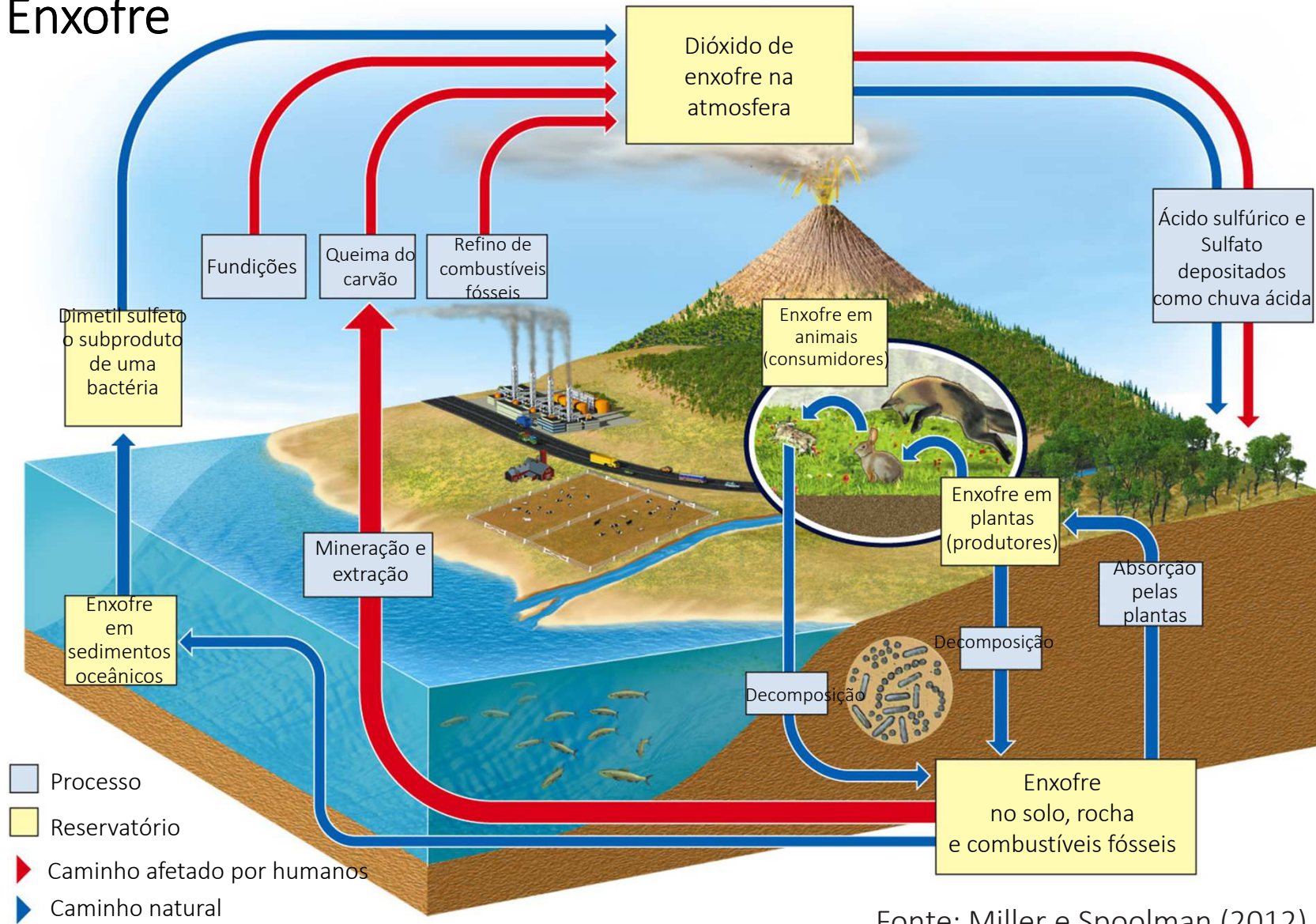
Ciclo do Enxofre

- Muito do enxofre da Terra está armazenado no subsolo , em rochas e minerais, na forma de sais de sulfato enterrados sob sedimentos oceânicos;
- O enxofre também entra na atmosfera por várias fontes naturais:
 - O sulfeto de hidrogênio é liberado por vulcões ativos e por matéria orgânica em decomposição por decompositores anaeróbios em áreas alagadas, pântanos e planícies de maré;
 - O dióxido de enxofre também é proveniente dos vulcões;

Ciclo do Enxofre

- O enxofre também entra na atmosfera por várias fontes naturais:
 - Partículas de sais de sulfato, entram na atmosfera a partir da água do mar, tempestades de poeira e incêndios florestais;
 - As raízes de plantas absorve os íons de sulfato e incorporam o enxofre como um componente essencial de muitas proteínas.

Ciclo de Enxofre



Fonte: Miller e Spoolman (2012).

Alterações Antrópicas no Ciclo do Enxofre

- Queima de carvão e petróleo contendo enxofre;
- Refinar petróleo contendo enxofre para fabricar gasolina;
- Converter minérios de minerais metálicos contendo enxofre em metais livres , como o cobre, o chumbo e o zinco – atividade que libera grandes quantidades de dióxido de enxofre no meio ambiente.

Atividade

- 1) Indique e explique três maneiras em que o seu estilo de vida/atuação como engenheiro/arquiteto pode afetar direta ou indiretamente o **ciclo hidrológico**?
- 2) Indique e explique três formas em que o seu estilo de vida/atuação como engenheiro/arquiteto pode afetar direta ou indiretamente o **ciclo do carbono**?
- 3) Indique e explique três formas em que o seu estilo de vida/atuação como engenheiro/arquiteto pode afetar direta ou indiretamente o **ciclo de nitrogênio**?
- 4) Indique e explique três formas em que o seu estilo de vida/atuação como engenheiro/arquiteto pode afetar direta ou indiretamente o **ciclo do fósforo**?
- 5) Indique e explique três maneiras em que o seu estilo de vida/atuação como engenheiro/arquiteto pode afetar direta ou indiretamente o **ciclo de enxofre**?

Bibliografia Consultada

- MILLER, G. T., SPOOLMAN, S. E. **Ecologia e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- MILLER JR., G.T. **Ciência Ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.