

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas-EAD

Vandelayne Lopes de Souza

**AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE CICLOS BIOGEOQUÍMICOS
EM LIVROS DE ENSINO MÉDIO**

Juazeiro do Norte

2024

Vandelayne Lopes de Souza

**AVALIAÇÃO DO CONTEÚDO DE CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EM
LIVROS DE ENSINO MÉDIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas - EaD da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Sivero Mayworm

**Juazeiro do Norte
2024**

S713a Souza, Vandelayne Lopes de.
Avaliação do conteúdo de ciclos biogeoquímicos em livros de ensino médio / Vandelayne Lopes de Souza. – São Paulo, 2024.
52 p. : il., color.
Orientador: Prof. Marco Aurélio Sivero Mayworm.
TCC Graduação. (Ciências Biológicas) - Universidade Santo Amaro, 2024.
Bibliografia incluída.
1. Estudo. 2. Ecologia 3. Ciclos Biogeoquímicos. I. Mayworm, Marco Aurélio Sivero, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

CDD 577

RESUMO

O estudo dos ciclos biogeoquímicos é de extrema importância no ensino médio para a aprendizagem dos alunos, uma vez que é fundamental compreender as relações entre os processos que ocorrem nos organismos e o ambiente em que vivem. A Ecologia é a área responsável pelo estudo dessa parte, dentro da Biologia. Nenhum organismo vive isolado, sem que ocorra interação entre os seres vivos, pois eles constituem um ambiente comum, portanto, é extremamente necessário que o aluno compreenda a existência do ciclo de nutrientes presentes nos ecossistemas e como sua ação impactará na formação desses ciclos e conseqüentemente na degradação do meio ambiente. O professor pode optar por trabalhar o tema de diversas formas, de acordo com a ênfase que decidir dar, pois é um assunto que envolve vários outros, como questões ambientais, poluição, tragédias ambientais, desmatamento, radiação, efeito estufa, etc. A palavra ecologia vem de oikos, que significa casa, e logos, estudo, reflexão. Os ciclos de nutrientes mais abordados nos livros do ensino médio são o ciclo da água, o ciclo do carbono, o ciclo do oxigênio e o ciclo do nitrogênio, pois são alguns dos elementos essenciais para a vida. Nesta pesquisa, foram analisados três livros, observando a forma como cada autor aborda o conteúdo, com o objetivo de compreender o melhor caminho/metodologia para o estudo dessa temática no ensino médio, utilizando a metodologia de comparação de imagens e ilustrações, a linguagem presente nos textos, atividades práticas e exercícios propostos, presentes nos três trabalhos (nas três obras). Após análise, o livro 3 (Sérgio Linhares; Fernando Gewandsznajder; Helena Pacca. Biologia Hoje. 3ª edição. Ática; 2016.) foi avaliado com o conteúdo mais adequado para o ensino médio.

Palavras-chave: Ciclos Biogeoquímicos, Ecologia, Biologia, Estudo.

ABSTRACT

The study of biogeochemical cycles is extremely important in high school for student learning, since it is essential to understand the relationships between the processes that occur in organisms and the environment in which they live. Ecology is the area responsible for the study of this part, within Biology. No organism lives in isolation, without interaction occurring between living beings, as they constitute a common environment, therefore it is extremely necessary for the student to understand the existence of the nutrient cycle present in ecosystems and how their action will impact the formation of these cycles and consequently the degradation of the environment. The teacher can choose to work on the topic in a variety of ways, according to the emphasis he decides to give, as it is a subject that involves several others, such as environmental issues, pollution, environmental tragedies, deforestation, radiation, greenhouse effect, etc. The word ecology comes from oikos, which means home, and logos, study, reflection. The nutrient cycles most covered in high school books are the water cycle, the carbon cycle, the oxygen cycle and the nitrogen cycle, as they are some of the essential elements for life. In this research, three books were analyzed, which will be examined in terms of the way each author approaches the content, with the aim of understanding the best path/methodology for studying this topic in high school. Using the methodology of comparing images and illustrations, the language present in the texts, practical activities and proposed exercises, present in the three works. After analysis, book 3 (Sérgio Linhares; Fernando Gewandsznajder; Helena Pacca. *Biologia Hoje*. 3rd edition. Ática; 2016.) was evaluated with the most appropriate content for high school.

Keywords: Biogeochemical Cycles, Ecology, Biology, Study.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela minha vida e por ter me dado forças para não desistir, mesmo em meio a tantos desafios, a minha família e em especial a meu irmão por seu apoio e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Aurélio Sivero Mayworm por todo o tempo dedicado a compartilhar o seu conhecimento, pela paciência e dedicação como Orientador, Professor e Coordenador do curso de Ciências Biológicas.

Agradeço a instituição pela oportunidade de cursar a licenciatura EaD com a mesma qualidade que teria num curso presencial, pelo suporte e estrutura para a realização do TCC e a todos que fazem a Universidade Santo Amaro - UNISA ser uma instituição tão importante, especialmente a todos que fazem o curso de Ciências Biológicas, que esse ano fará 50 anos, ser um curso de alta qualidade.

Aos meus amigos, em especial Ana Geórgia, Ana Karine e Sérvulo que sempre se fizeram presentes me apoiando em todo o processo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

Ecologia é a área da ciência que estuda o lugar onde se vive, isto é, o estudo dos seres vivos (comportamento, relação, interação etc.) com o meio que o cerca: o meio ambiente. A palavra ecologia é proveniente de oikos, que significa casa, e logos, estudo, reflexão. Tal ciência explica a complexidade da relação entre os humanos e outros animais e o nosso habitat, por meio das ciências exatas, como química e física, em conjunto com economia e sociologia, além da biologia. ¹

A ecologia pode ser, portanto, considerada como “a ciência que estuda a estrutura e funcionamento da Natureza, considerando que a humanidade é uma parte dela.” ² O conhecimento de conceitos fundamentais da ecologia tem fornecido subsídios para que as demais ciências e a própria ecologia busquem soluções para uma melhor convivência do homem com a natureza.

Um dos principais pré-requisitos para a evolução e a manutenção da vida na Terra são os ciclos biogeoquímicos, assim chamados por descreverem as transformações de substâncias que possuem determinados elementos químicos e leva em conta a íntima relação destes com os processos biológicos, hidrológicos e geológicos, o que demonstra como a natureza opera de forma interdependente e como os processos naturais estão intrinsecamente ligados à sobrevivência e ao funcionamento dos ecossistemas no planeta. ³

É muito importante para o aprendizado do discente ter esse tema presente nos livros didáticos do ensino médio, uma vez que é indispensável entender as relações existentes entre os processos que ocorrem nos organismos e no ambiente em que vivem, além de ajudar o estudante a compreender a importância do ciclo das matérias para a atividade biológica e também o seu papel como poluente e a pensar de maneira mais crítica sobre os impactos ambientais que ocorrem no planeta.

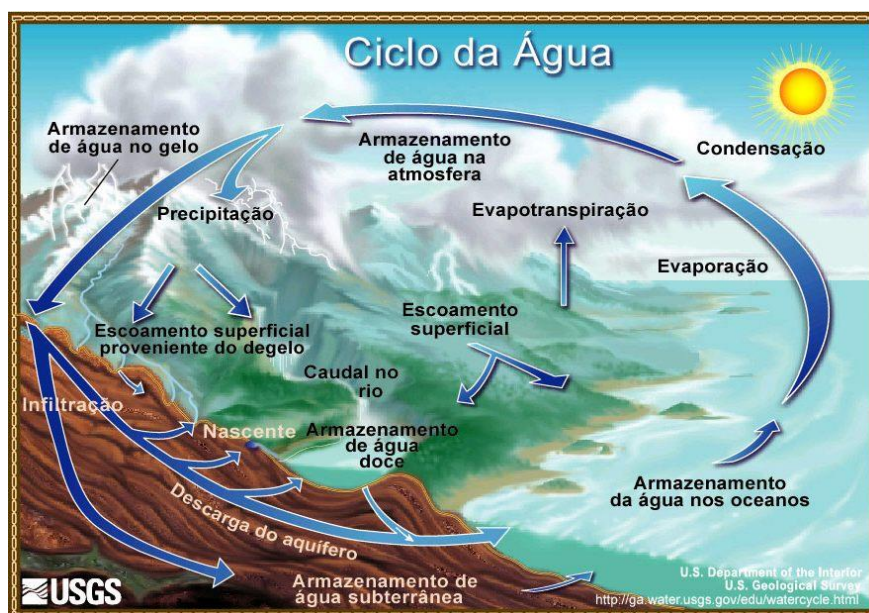
Estes nutrientes passam por transformações biológicas, químicas e físicas quando são captados pelos organismos e liberados pela decomposição, por fim retornando às suas formas originais ou similares. Esse movimento de nutrientes dentro dos ecossistemas é conhecido como ciclagem de nutrientes.

Os quatro ciclos biogeoquímicos mais estudados são o ciclo da água, o ciclo

do nitrogênio, o ciclo do carbono e o ciclo do oxigênio.

O ciclo da água é o processo natural no qual a água é continuamente redistribuída na Terra. Ele envolve várias etapas, conforme a figura 1, que podem ser resumidas da seguinte maneira: o ciclo começa quando a energia solar aquece a água em corpos d'água, como oceanos, rios e lagos, fazendo com que a água se transforme em vapor de água, essa etapa é chamada de evaporação; o vapor de água sobe na atmosfera, onde as temperaturas são mais baixas, e se condensa para formar nuvens, que ficam carregadas de gotas de água, as gotas se unem e caem de volta à superfície da Terra na forma de precipitação, que pode ser chuva, neve, granizo. A água da precipitação flui sobre a superfície da Terra, escoando para rios, lagos e oceanos, ou infiltrando no solo. Parte da água da chuva é absorvida pelo solo, recarregando os lençóis freáticos e alimentando aquíferos subterrâneos. As plantas absorvem a água do solo por meio de suas raízes e a liberam na atmosfera através de seus poros, um processo conhecido como transpiração, iniciando o ciclo novamente.⁴

Figura 1 - Ciclo da água



Fonte: wikipédia. Disponível em https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrol%C3%B3gico acessado em 06/11/2023.

A ação humana tem modificado o ciclo da água através de significativas retiradas de água doce, na maioria das vezes não havendo tempo hábil nem estrutura

para que a natureza possa repor, através da remoção da vegetação para dar lugar à agricultura, mineração e construção de estradas, o que diminui a infiltração que regularmente abastece os lençóis freáticos, amplia o escoamento, impulsiona a erosão e acentua o risco de inundação; outra ação que tem proporcionado alterações no ciclo hidrológico e evidenciado o risco de enchentes é a drenagem e o aterramento de áreas alagadas naturalmente para serem utilizadas na agricultura e mobilidade urbana.

O carbono é o elemento básico dos carboidratos, gorduras, proteínas, DNA e outros compostos orgânicos indispensáveis à vida. Por intermédio do ciclo do carbono circulam pela biosfera, atmosfera e em partes da hidrosfera diversos compostos de carbono.⁵

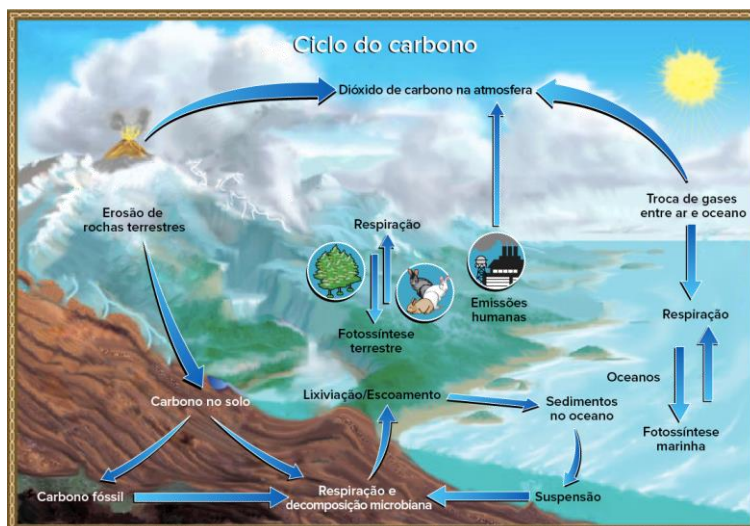
O ciclo do carbono é embasado no gás dióxido de carbono (CO_2), que corresponde a 0,039% do volume da atmosfera da Terra, inclusive dissolvido em água. As alterações ocasionadas pela ação humana, por mínimas que sejam, têm o poder de alterar a temperatura da Terra e conseqüentemente definir os tipos de vida que podem coexistir em diversos habitats.⁵

Conforme apresenta a figura 2 o gás carbônico (CO_2) da atmosfera é absorvido pelas plantas e cianobactérias para realizar a fotossíntese. Estas sintetizam compostos orgânicos, como os carboidratos, que formam parte de seus tecidos. Os animais usam os carboidratos na respiração, que devolve o CO_2 para a atmosfera.⁴ Esse ciclo contínuo de absorção de CO_2 pelas plantas para produzir a fotossíntese é essencial para manter os níveis adequados de oxigênio na atmosfera, garantindo a respiração de todos os seres vivos.

Tal ciclo vem sendo modificado pelo ser humano através da queima de combustíveis fósseis contendo carbono, especialmente carvão, usado na produção de eletricidade, e também pelo desmatamento, que impacta diretamente na absorção do carbono das florestas. A incorporação de quantidades exageradas de dióxido de carbono na atmosfera tem contribuído para o aumento desenfreado do efeito estufa como consequência de inúmeras atividades humanas por meio do uso de combustíveis fósseis, especialmente petróleo, carvão e gás natural e também com a alteração no uso da terra. Desde a era industrial houve um aumento na atmosfera de 35% na quantidade de dióxido de carbono, sobretudo pela queima de combustíveis

fósseis e remoção das florestas.

Figura 2 - Ciclo do carbono



Fonte: Khan academy

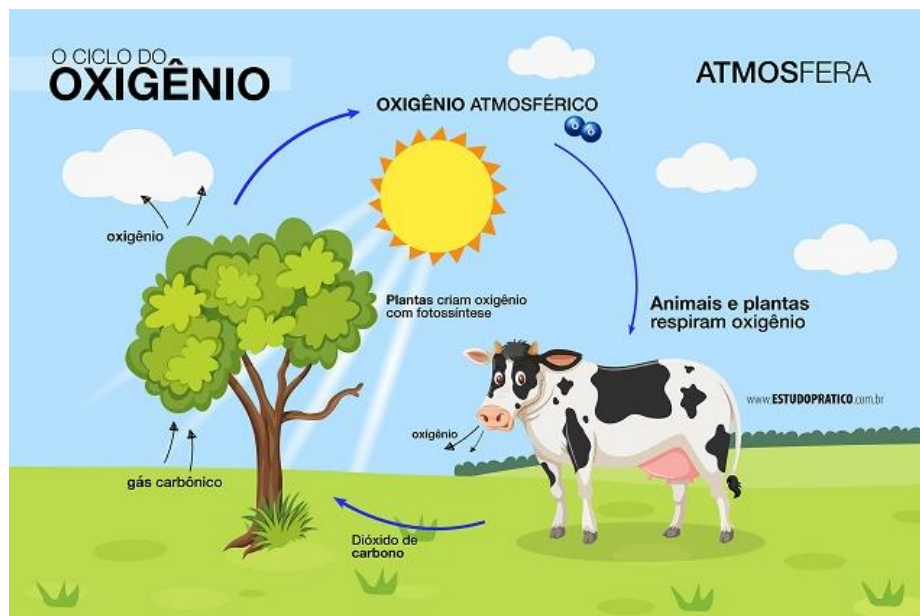
Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-carbon-cycle> acessado em 26/10/2023.

O oxigênio é um dos elementos mais abundantes do planeta, constituindo cerca de 21% da atmosfera. Presente na camada de ozônio, tal elemento é essencial para a vida na Terra.

A figura 3 apresenta o ciclo do oxigênio, o qual é continuamente movimentado entre a atmosfera, a biosfera e a litosfera. Resumidamente: as plantas, algas e cianobactérias absorvem dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e, por meio da fotossíntese, produzem oxigênio (O₂) e açúcares; os seres vivos, incluindo plantas, animais e microorganismos, consomem oxigênio durante a respiração para obter energia, liberando CO₂ como subproduto; o oxigênio é trocado entre a atmosfera e a biosfera por meio da respiração e da fotossíntese.

A liberação de oxigênio pela fotossíntese e seu consumo pela respiração é essencial para manter os níveis adequados de oxigênio na atmosfera, garantindo a respiração de todos os seres vivos.

Figura 3 - O ciclo do oxigênio



Fonte: estudo prático

Disponível em: <https://www.estudopratico.com.br/ciclo-do-oxigenio-e-sua-importancia/>
 acessado em 06/11/2023.

O nitrogênio constitui 78% do volume da atmosfera e é um componente essencial das proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos, a exemplo do DNA. Todavia, o nitrogênio não é absorvido e aproveitado diretamente pelas plantas ou pelos animais pluricelulares. Portanto, são necessários dois processos naturais que convertem, ou fixam o nitrogênio (N₂) em compostos que plantas e animais possam aproveitar como nutrientes. O primeiro deles é um processo físico, mediado por descargas elétricas, ou raios, que ocorre na atmosfera. O segundo ocorre na água, no solo e nas raízes de alguns vegetais, onde bactérias chamadas de fixadoras de nitrogênio realizam essa modificação como parte do ciclo do nitrogênio, conforme a figura 5.⁵

O ciclo do nitrogênio é o processo natural no qual o nitrogênio é continuamente transformado e movimentado entre a atmosfera, o solo e os seres vivos e compreende diversas etapas, na etapa de fixação bactérias especializadas no solo, e cianobactérias em ambientes aquáticos combinam N₂ gasoso com hidrogênio para formar amônia (NH₃). As bactérias, por sua vez, utilizam parte da amônia elaborada

como alimento e eliminam o remanescente na água ou no solo. Parte da amônia é convertida em íons amônio (NH_4^+), que as plantas podem utilizar como alimento. A amônia não aproveitada pelas plantas sofre nitrificação, que é o processo no qual as bactérias convertem a maior parte do (NH_3) e (NH_4^+), no solo em íons nitrato (NO_3^-), que são naturalmente absorvidos pelas raízes das plantas. Logo depois as plantas utilizam essas formas de nitrogênio para produzir inúmeros aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas. Plantas e animais restituem compostos orgânicos ricos em nitrogênio que retornam à natureza na forma de sedimentos e fragmentos que são abandonados de tecidos e dos seus corpos ao morrerem e decompostos por detritívoros. Na etapa de amonificação, extensos grupos de bactérias decompõem esses detritos em compostos mais simples, a exemplo da amônia (NH_3) e sais solúveis em água englobando íons amônio (NH_4^+). Na desnitrificação, organismos especializados, organizados no solo alagado e nos resíduos do fundo de lagos, brejos, pântanos, oceanos transformam NH_3 e (NH_4^+) novamente em íons nitrato e posteriormente em gás nitrogênio (N_2) e gás de óxido nitroso (N_2O), esses gases são liberados na atmosfera e começam um novo ciclo do nitrogênio.

Este ciclo é afetado pelo homem de diversas formas, uma delas é adicionando na atmosfera grandes quantidades de óxido nítrico (NO) através combinação de N_2 e O_2 ao queimarmos combustíveis a altas temperaturas, por exemplo em carros e caminhões, em contato com a atmosfera esse gás pode ser transformado em dióxido de nitrogênio (NO_2) e vapor de ácido nítrico (HNO_3) que retornam à superfície da Terra na forma de chuva ácida. Outra forma de interferência ocorre quando utilizamos fertilizantes inorgânicos comerciais ou esterco animal orgânico, que por sua vez liberam óxido nitroso (N_2O), pela ação de bactérias anaeróbicas, esse gás tem efeito estufa podendo aquecer o ambiente e destruir o ozônio estratosférico. Através da ação humana de desmatamento são liberadas grandes quantidades de nitrogênio armazenados nos solos e plantas na forma de compostos gasosos. Este ciclo, é ainda modificado, nos ecossistemas aquáticos quando excessos de nitrato são despejados nos rios por meio do escoamento agrícola de adubos e estrume de animais e descarga de esgotos, que levam a um aumento excessivo de algas. O ciclo do nitrogênio é inclusive atingido quando o homem remove o nitrogênio do solo superficial ao colher e irrigar culturas ricas em nitrogênio, pois ocorre a lavagem de nitratos do solo e, quando ocorre a queimada e devastação de pastagens antes de

semear culturas.⁵

Figura 4 - Ciclo do nitrogênio



Fonte: Khan academy

Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-nitrogen-cycle> acessado em 26/10/2023

O estudo dos ciclos biogeoquímicos é de extrema importância no ensino médio, pois permite que os estudantes compreendam as complexas relações entre os processos que ocorrem nos organismos e no ambiente em que vivem. Além disso, essa compreensão os torna mais conscientes dos impactos ambientais e os incentiva a pensar de maneira crítica sobre como podem contribuir para um mundo mais sustentável.

Portanto, a inclusão de conteúdo relacionado aos ciclos biogeoquímicos nos livros didáticos do ensino médio é fundamental para a formação dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios ambientais que o mundo enfrenta.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visou analisar o conteúdo de ciclos biogeoquímicos em três livros didáticos do ensino médio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do trabalho foram analisadas as seguintes obras:

Livro 1: Vivian L. Mendonça. Biologia. 3^o edição. São Paulo: AJS; 2016.

Livro 2: César da Silva Júnior; Sezar Sasson; Nelson Caldini Júnior. Biologia. 12^o Edição. São Paulo: Saraiva; 2016.

Livro 3: Sérgio Linhares; Fernando Gewandsznajder; Helena Pacca. Biologia Hoje. 3^a edição. São Paulo: Ática; 2016.

Para a análise dos livros didáticos procurou-se verificar a qualidade do conteúdo, o tipo de linguagem, a qualidade das imagens, a apresentação de atividades como experimentos, curiosidades e exercícios para avaliar o aprendizado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta a análise do conteúdo de ciclos biogeoquímicos nos livros de ensino médio escolhidos. Os conceitos utilizados foram ótimo, bom ou regular.

Tabela 1 - Análise do conteúdo de Ciclos biogeoquímicos em 3 livros didáticos

Livros	Linguagem de texto	Imagens e ilustrações	Atividades práticas	Exercícios
N 1	Bom	Bom	Bom	Bom
N 2	Bom	Regular	Bom	Bom
N 3	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom

No livro 1 (Vivian L. Mendonça. Biologia. 3^o edição. São Paulo: AJS; 2016.), o conteúdo foi apresentado na unidade 1, capítulo 03, “ciclo da matéria, sucessão ecológica e desequilíbrios ambientais”.

O ciclo da água é apresentado de maneira sucinta, incluindo a evaporação, formação de nuvens, precipitação e infiltração no solo. A inclusão de exemplos práticos, como a transferência unidirecional de energia ao longo da cadeia alimentar, contribui para tornar o conceito mais concreto para os alunos.

. A autora destaca a importância da compreensão das relações entre os processos que ocorrem nos organismos e no ambiente em que vivem, isso é essencial para um entendimento global dos ecossistemas. O ciclo da água é abordado de forma apropriada para o ensino médio, a linguagem é acessível, concisa, direta, adequada ao público-alvo e as informações são apresentadas com clareza.

Além disso, integra o ciclo da água com questões contemporâneas, como conferências internacionais sobre o meio ambiente organizadas pela ONU e com a poluição oriunda da contaminação por substâncias tóxicas, citando o exemplo do desastre ambiental ocorrido em 2015 na região de Mariana - MG. O livro apresenta um esquema simplificado que mostra a conexão entre a poluição atmosférica e a formação de chuva ácida que é outro problema ambiental ligado ao ciclo da água. Isso destaca a relevância do ciclo da água para os problemas globais relacionados à natureza.

Ao tratar do ciclo do carbono, o livro contextualiza os impactos sofridos por desequilíbrios provocados pelo desmatamento, queima da vegetação e dos combustíveis fósseis, além de levantar a questão do efeito estufa e do aquecimento global. A obra trabalha com uma “sessão multimídia”, na qual são sugeridos alguns materiais paradidáticos, no ciclo do carbono é sugerido a leitura do livro em quadrinhos “Heróis do Clima – A aventura e a ciência por trás das mudanças climáticas” de Caco Gardalho, Planeta Sustentável, 2014 que relaciona o ciclo do carbono ao aquecimento global, bem como o documentário “Uma verdade inconveniente”, que acompanha o político norte-americano Al Gore, ganhador do prêmio Nobel da Paz em 2007 junto ao IPCC, em uma campanha de alerta sobre o aquecimento global e as consequências socioambientais das mudanças climáticas por ele causadas.

A autora consegue transmitir conceitos científicos de forma clara e compreensível, evitando o uso de jargões técnicos complexos que possam dificultar a compreensão dos alunos, o que é fundamental para o sucesso de um livro didático, uma vez que seu objetivo é tornar o aprendizado mais eficaz e acessível, a linguagem utilizada facilita a assimilação do conteúdo.

No ciclo do oxigênio o livro trata da participação desse elemento em outros ciclos de nutrientes, por compor a água, o gás carbônico e alguns compostos de

nitrogênio e da sua participação na camada de ozônio, inclusive traz um esquema simplificado representando a formação de ozônio na atmosfera sob o estímulo da radiação ultravioleta e menciona os “buracos” de ozônio na camada de ozônio e os gases que contribuem para o aumento desse buraco. É usada uma linguagem simples e de fácil compreensão. Para melhor aproveitamento dos alunos seria interessante a utilização de imagens e/ou esquemas resumindo o ciclo do oxigênio.

Ao abordar o ciclo do nitrogênio a autora traz bastante figuras e esquemas de boa qualidade, foi o ciclo onde foram apresentadas a maior quantidade de figuras e o tema foi amplamente explorado. A linguagem utilizada é satisfatória para o público a que se destina. Menciona a técnica de adubação verde e o fato de ainda ser muito comum a utilização da adubação pelo uso direto de fertilizantes naturais ou inorgânicos e a sua contribuição para o aumento do processo de eutrofização em ecossistemas de água doce e o consequente desequilíbrio ecológico resultante, além de mencionar a consequência do excesso de nitrogênio nos solos à saúde humana causando a doença chamada metemoglobinemia.

O capítulo apresenta uma seção chamada “Vamos criticar o que estudamos” na qual a autora oferece oportunidades para discussões e reflexões sobre temas como o ciclo do oxigênio e a questão do aquecimento global, promovendo o pensamento crítico dos alunos.

A inclusão de atividades práticas, como a pesquisa sobre aquecimento global e a produção de textos sobre ações que os alunos podem desenvolver, torna o aprendizado mais envolvente e incentiva os alunos a aplicar o conhecimento na prática. Há um segundo texto onde é abordado a importância do nitrogênio para o solo, por se tratar de um nutriente essencial ao crescimento das plantas e seu impacto na agricultura.

Na seção Leitura a autora traz dois textos um sobre as Conferências Internacionais onde é analisado a relação entre as emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global percebido principalmente sob a forma de bruscas mudanças no clima e o outro aborda a duração do lixo no meio ambiente, levando o aluno a refletir a respeito da qualidade e da quantidade de materiais que descartamos todos os dias e do impacto disso no ambiente. Após a leitura sugere-se que os alunos pesquisem a diferença entre lixão e aterro sanitário e escrevam um texto, com

esquemas ou ilustrações que complementem as informações do texto e pesquisem sobre áreas degradadas na região em que moram e caso exista uma área que precisa ser recuperada, sugere-se aos alunos organizar um movimento em prol da recuperação dessa área, atividade interessante e pertinente, visto que incentiva os alunos a mobilizarem a comunidade e colaborarem com um mundo mais consciente.

Ao final desta parte têm-se algumas atividades revendo e aplicando conceitos, trabalhando com gráficos e algumas questões de vestibulares e Enem.

A integração de questões ambientais e a promoção de atividades práticas enriquecem o conteúdo e incentivam o pensamento crítico dos alunos em relação ao ciclo da água e suas implicações no mundo real.

A autora também incorpora exemplos práticos e situações do cotidiano, como a transferência unidirecional de energia na cadeia alimentar, para tornar os conceitos mais palpáveis para os estudantes. Essa abordagem é especialmente eficaz no ensino de conceitos científicos.

Quanto às figuras e ilustrações, a qualidade é, em geral, satisfatória, são imagens claras e ajudam a visualizar os conceitos apresentados no texto, desempenham um papel fundamental na compreensão dos conceitos científicos, especialmente em um livro didático de Biologia. A qualidade das figuras no livro é um aspecto importante da sua eficácia no ensino. A inclusão de esquemas, gráficos e ilustrações é valiosa para auxiliar na compreensão de processos complexos, como os ciclos biogeoquímicos.

Além disso, a diversidade e a clareza das figuras são essenciais para atender a diferentes estilos de aprendizado e garantir que os alunos com diferentes níveis de conhecimento possam se beneficiar das ilustrações.

No livro 2 (César da Silva Júnior; Sezar Sasson; Nelson Caldini Júnior. Biologia. 12^o Edição. São Paulo: Saraiva, 2016.) o assunto foi tratado na Unidade 2, “ecologia: a vida de um nível mais amplo”, e capítulo 6, “energia e matéria nos ecossistemas”. Neste capítulo, os autores abordam, no texto inicial, os conceitos de matéria e energia, enfatizando a importância do conhecimento desses dois termos e dos seus significados, mencionando seus conceitos na Física, sua relação dentro do ecossistema, suas particularidades e importância e a forma como estão constantemente em transformação. Por se tratar de dois conceitos um tanto

profundos os autores buscam simplificá-los resumindo a matéria a ideia de tudo aquilo que compõe o Universo, a exemplo das rochas, a água, os gases atmosféricos, as substâncias que formam os seres vivos, dentre outras, isto é, tudo aquilo que captamos como nossa realidade imediata, o que é muito relevante, pois a simplificação dos conceitos permite que os alunos compreendam temas mais complexos e de difícil entendimento. Do mesmo modo o fazem com o conceito de energia, tema menos palpável em relação à matéria se levarmos em consideração que ela é percebida somente quando em transformação. São citadas as diferentes formas de energia: luminosa, térmica e mecânica, ressaltando que segundo a Física energia e matéria não podem ser criadas, tampouco destruídas, somente transformadas. Destaca-se a importância da energia para a sobrevivência através da fotossíntese, onde os seres autótrofos convertem a energia luminosa em energia química, a qual fica armazenada na forma de matéria orgânica (açúcares e outros compostos) e a conversão da energia obtida pelos heterótrofos, ao se alimentarem daqueles organismos, em energia térmica ou mecânica. Essa abordagem inicial contextualiza os ciclos da matéria e formam uma boa base para a compreensão dos alunos.

Em seguida, no bloco “explorando as ideias do texto”, têm-se duas questões dissertativas sobre o texto apresentado, levando o aluno à fixação do conteúdo e a contextualização do tema, incentivando-os a buscar outros exemplos de processos realizados pelos seres vivos através da utilização da energia e das transformações que ocorrem a partir da energia que a Terra recebe do Sol. Com o texto e as questões iniciais é possível que o Professor levante o conhecimento prévio dos alunos e com isso veja qual será a melhor forma de abordar o conteúdo com a turma.

Sequencialmente, é tratado o fluxo de energia em um ecossistema, abordando sua origem, absorção e função no ciclo da água, bem como a influência da vegetação na absorção de energia e na provisão de matéria orgânica. É apresentado um esquema, de qualidade satisfatória, para facilitar a compreensão do aluno de como se dá o aproveitamento da energia pelos sistemas biológicos.

Aborda-se também as pirâmides ecológicas de números, de biomassa e de energia e a representação de cada nível trófico, enfatizando a importância dos decompositores na composição dos ecossistemas.

Os autores realizam a abordagem inicial do ciclo da matéria no capítulo, enfatizando que a matéria diferentemente da energia é constantemente reciclada, motivo pelo qual o planeta é considerado um sistema fechado. Enquanto a Terra perde parte da sua energia para o espaço sob a forma de calor, a matéria, embora sofra alguns rearranjos, tem sua quantidade total quase constante, cita-se a conversão de matéria em energia nas reações nucleares, a queda de matéria vinda do espaço (poeira cósmica e meteoros) e a perda, para o espaço, de matéria sob a forma de foguetes e satélites, como exemplo das únicas exceções à quantidade constante de matéria. Discute-se também a importância da atividade dos decompositores no ciclo da matéria, os autores conseguem utilizar de uma linguagem satisfatória e adequada a alunos do ensino médio, o que é muito importante para compreensão do tema e que os ajudará a entender outros conteúdos que serão trabalhados mais à frente e nos anos subsequentes. A correta compreensão de como se dá o ciclo de nutrientes e o seu impacto ambiental, bem como a implicação desse conhecimento em outros assuntos da Biologia é indispensável para a formação dos alunos. Aborda-se os ciclos da água, do carbono, do nitrogênio e do fósforo.

Em relação ao ciclo da água, os autores apresentam uma figura que mostra resumidamente como se dá o ciclo (a infiltração, a evaporação da água do mar, a evapotranspiração e a respiração), e em seguida já explica o ciclo, trata-se de uma explicação muito sucinta, não é mencionado a existência de dois ciclos (ciclo curto e ciclo longo), também não há uma explicação detalhada do que ocorre em cada etapa do ciclo. A linguagem dos autores é de fácil compreensão, no entanto seria interessante que se abordasse um pouco mais sobre o ciclo da água e sobre questões que estão intrinsecamente relacionadas ao assunto, discutir questões relacionadas a temas como poluição da água, chuva ácida, e alguns desastres ambientais que enfatizaria aos alunos a importância e o impacto do ciclo da água em relação às questões ambientais e contextualizar com discussões contemporâneas.

Faz-se uma explanação concisa a respeito da dependência do metabolismo do ser humano e o quanto os seres vivos intervêm no ciclo, destacando o papel crucial da transpiração da cobertura vegetal em detrimento da evaporação de rios ou lagoas na origem da evaporação da crosta continental do planeta, traz uma breve ilustração sobre as proporções de água salgada, congelada e doce para melhor visualização do conteúdo.

As figuras apresentadas são apropriadas e os autores buscam utilizar uma linguagem simples e de fácil compreensão para o entendimento do aluno, no entanto dada a relevância do assunto como base para tantos outros conteúdos no ensino médio é importante que o estudante tenha acesso a um conteúdo mais aprofundado.

No que se refere ao ciclo do carbono, menciona-se a participação dos átomos de carbono na composição das moléculas orgânicas dos carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos e explica-se a forma como os átomos de carbono circulam na natureza, nos seres vivos e no ambiente inanimado. Apresenta-se uma figura para que o aluno possa visualizar melhor o destino do carbono utilizado na fotossíntese e como ele é transportado nas cadeias por meio do alimento, bem como a devolução do gás carbônico para a atmosfera. Introduce-se a análise do ciclo pelo gás carbônico da atmosfera, em virtude de se tratar do principal reservatório desse gás no ecossistema, sua absorção pelas plantas para a realização da fotossíntese e produção de alimento orgânico. Ressalta-se a existência de outros seres fotossintetizantes bem como a presença do gás carbônico nos ecossistemas aquáticos dissolvido na água e o papel dos decompositores. Através de um esquema os autores abordam a liberação do gás carbônico na queima de lenha e dos combustíveis fósseis, especialmente do carbono soterrado durante milhões de anos sem participar dos ciclos da matéria e que são devolvidos aos ecossistemas através do uso do petróleo. O efeito estufa, um assunto bem pertinente ao ciclo do carbono, não é tratado nesse capítulo, os autores optaram por trabalhar o tema nos capítulos 9 e 10.

Ao explicar o ciclo do nitrogênio, destaca-se a presença desse elemento nas moléculas de aminoácidos, nas proteínas e nas bases nitrogenadas que compõem os ácidos nucleicos, sua alta concentração no ar atmosférico - 78% de nitrogênio molecular (N_2) – enorme reservatório e a incapacidade da maioria dos seres vivos de utilizá-lo diretamente, tornando-se vital para os seres vivos, o papel de algumas determinadas espécies de micro-organismos para transformação do nitrogênio do ar em substâncias utilizadas pelos seres vivos. Relata-se a importância dos micro-organismos, pois ao retirarem o nitrogênio do ar e transformá-lo em substâncias utilizáveis pelos seres vivos e o devolverem à natureza, faz-se com que o ciclo se feche. Para melhor compreensão do aluno é apresentado uma figura e um texto explicativo sobre como se dá o ciclo. Encontram-se bem detalhadas, as etapas de

fixação, nitrificação e desnitrificação, acompanhadas de esquemas para facilitar a compreensão dos alunos. Aprofunda-se na seção “mais aprofundamento” sobre adubação verde, adubação orgânica e rotação de culturas e sua relevância para a agricultura. O livro apresenta vários esquemas que ajudam o aluno a compreender o assunto de forma mais simplificada, o texto explicativo está bem detalhado, permitindo ao aluno que compreenda essa que é uma das partes mais complicadas do ciclo do Nitrogênio, o entendimento desse ciclo é essencial para o aluno. Na seção de “atividade prática” os autores introduzem o trabalho científico da cientista naturalizada brasileira Johanna Döbereine e o ciclo do nitrogênio. Os alunos deverão realizar uma pesquisa, em grupo, a respeito dos diferentes aspectos do ciclo, tal trabalho será dividido em três momentos, produção de uma apresentação multimídia para os colegas sobre os diferentes caminhos do nitrogênio e o papel das principais categorias de bactérias envolvidas no processo, discorrer sobre a adubação nitrogenada, descrevendo os diferentes tipos de adubação utilizados pelos agricultores e suas diferenças, onde sugere-se um trabalho interdisciplinar com o Professor de química sobre a fixação industrial de nitrogênio atmosférico e por fim é sugerida uma pesquisa sobre a importância das descobertas da cientista naturalizada brasileira Johanna Döbereine (1924-2000) para a agricultura e a relação dessas descobertas com o cultivo da soja e da cana de açúcar no Brasil. A interdisciplinaridade sugerida pelos autores, sem dúvidas enriquece o processo de aprendizagem dos alunos e permite que os alunos consigam enxergar o assunto trabalhado de vários outros ângulos e visualizar possibilidades.

Na seção de “leitura biologia e tecnologia” a obra traz um texto sobre a história de um desastre ecológico na Ilha de Nauru, no Oceano Pacífico, motivado por uma extração sem limites de minério e pela ganância humana que resultou num solo inutilizável. Um segundo texto fala sobre a origem dos fertilizantes usados para repor os nutrientes retirados do solo. Durante muito tempo a principal fonte desses minerais para a fabricação de adubos foi o guano, material formado pela deposição de dejetos de aves e morcegos, atualmente é realizado por meio do uso do processo Haber, método que consiste na reação do nitrogênio e do hidrogênio gasosos possibilitando a fixação industrial do nitrogênio atmosférico.

Para a análise do texto, o livro traz duas questões dissertativas a respeito das fontes de guano e do uso do adubo orgânico em substituição ao uso de fertilizantes,

proporcionando ao aluno levantar informações sobre as vantagens e desvantagens decorrentes de sua utilização e da importância desses métodos para o ambiente. Os autores aproveitaram bastante o ciclo do nitrogênio para trabalhar diversos conceitos e abordagens o que enriquece substancialmente o processo de ensino e aprendizagem e permite ao professor ir além das metodologias tradicionais para trabalhar o assunto. Sugere-se também a possibilidade de se realizar um trabalho interdisciplinar com o professor de Geografia sobre as várias facetas do fenômeno da erosão, a abordagem interdisciplinar propicia a construção de sujeitos participativos que conseguem aplicar o conhecimento adquirido no ambiente escolar no seu dia a dia e no cotidiano da sua comunidade e que reflete na sua interatividade na escola e participação na sociedade. Os autores trazem ao final do capítulo algumas questões de biologia nos vestibulares e no ENEM que permitem ao aluno aprofundar o conhecimento relacionado ao conteúdo e avaliar o seu aprendizado.

No livro 3 (Sérgio Linhares, Fernando Gewandsznajder e Helena Pacca, *Biologia Hoje*. 3ª edição. Editora Ática, São Paulo. 2016), os ciclos biogeoquímicos são abordados na Unidade 5, “biosfera e poluição” e capítulo 18, intitulado “ciclos biogeoquímicos”.

A unidade é introduzida pela importância da água para os seres vivos, pois permite a ocorrência das reações químicas, ajuda a regular a temperatura e facilita o transporte de substâncias, além de mencionar o quanto o direito humano de acesso à água potável vem sendo ameaçado, inclusive nas regiões onde a falta de água não se dá de forma recorrente, a exemplo da região Sudeste do país, na qual foi registrada em 2015 a pior crise hídrica das últimas décadas, desde que os níveis dos reservatórios passaram a ser monitorados.

Destaca-se a temática da interação dos seres vivos com o ecossistema e a forma como o meio é modificado através dessa relação, como a interferência humana têm crescido nos últimos dois séculos e as consequências irreversíveis, que estão inclusive levando ao esgotamento de recursos, a exemplo da água potável e do petróleo, bem como da poluição do ar, da água e do solo.

É também uma preocupação dos autores explicar como os elementos químicos encontrados nos seres vivos circulam pelo meio ambiente, os desequilíbrios que o homem vem causando no ciclo desses elementos, bem como o que é efeito estufa e

discutir sobre o aquecimento global. Percebe-se a preocupação dos autores em utilizar-se do conteúdo para instigar o pensamento crítico dos alunos e o sentimento de despertar uma consciência coletiva sobre as consequências das ações humanas vivenciadas até o momento e fazer com que os alunos tenham o interesse em mudar essa realidade através das ações cotidianas e do conhecimento.

O ciclo do carbono é apresentado com informações claras, as etapas de respiração, decomposição e combustão são minuciosamente descritas, assim como a relação com o efeito estufa, que é abordada de maneira detalhada, apoiada inclusive por figuras que simplificam e exemplificam o processo, o que é muito positivo, pois alguns alunos conseguem entender melhor os assuntos quando são abordados de forma visual e quando são feitas analogias, como a citada pelos autores a exemplo do efeito estufa que se dá na estufa de plantas, esse recurso permite ao aluno entender de forma mais prática o assunto que pode ser um pouco complicado de entender.

O conteúdo sobre o ciclo desse elemento é abordado profundamente neste livro, trabalhando conceitos como o de fixação do carbono ou sequestro do carbono, resultado da absorção do carbono atmosférico pelas plantas e outros seres autotróficos e sua transformação em moléculas orgânicas, relacionando a interdependência dessa etapa para que o carbono passe a circular pela cadeia alimentar na forma de moléculas orgânicas. Menciona-se onde as reservas de carbono estão concentradas - uma parte considerável nos compostos minerais, como é o caso dos carbonatos presentes em depósitos de carapaças de organismos com conchas ou esqueleto de carbonato de cálcio e nos depósitos orgânicos fósseis – carvão mineral, petróleo e gás natural. Também são descritas as modificações que o ciclo do carbono sofre no ambiente aquático ao gás carbônico reagir com a água e produzir o ácido carbônico que se ioniza em íons bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}). Os outros dois livros abordam o ciclo do carbono de forma mais superficial e resumida. Na abordagem do efeito estufa é feito uma analogia, através de uma imagem, com o que acontece com uma horta em uma estufa, trabalhando-se a radiação térmica, essa analogia leva o aluno a compreender melhor o assunto, e é apresentado também um esquema simplificado do efeito estufa para uma melhor visualização desse fenômeno. É ainda trabalhado a contribuição do gás carbônico, do gás metano, do dióxido de nitrogênio, dos clorofluorcarbonos (CFCs) e do vapor

de água para o efeito estufa.

Os autores também abordam o aquecimento global, suas evidências e consequências, a correlação entre o aumento da emissão de gás carbônico causada pela queima dos combustíveis fósseis e o aumento da temperatura média do planeta, possibilitando que o discente perceba a correlação entre o aumento da temperatura média do planeta e da emissão de gás carbônico pela queima de combustíveis fósseis e o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera. Na seção “biologia e sociedade” é tratada da cúpula do clima em Paris, onde os autores provocam um sentimento de participação e colaboração que cada um pode apresentar através de atitudes que possam solucionar ou amenizar o problema do aquecimento global.

O ciclo do oxigênio é abordado de forma detalhada, mencionando-se a sua participação nos diversos compostos minerais e orgânicos bem como a dependência do oxigênio na forma de moléculas de oxigênio livre (O_2), tal qual é utilizada na respiração e combustão e o quanto dependem da fotossíntese, correspondendo a 21% da atmosfera. Faz-se a interligação com o ciclo do carbono, uma vez que a sua produção acontece no momento da construção de moléculas orgânicas pela fotossíntese e o seu consumo se dá quando essas moléculas são oxidadas na respiração ou na combustão. Trata-se minuciosamente sobre a formação e a função da camada de ozônio, o que é bastante relevante, visto que proporciona que os alunos entendam o processo detalhadamente, de como o oxigênio se combina com os metais do solo e forma óxidos, sendo que uma parte é transformada em ozônio (O_3) através da ação dos raios ultravioleta do Sol e na ação inversa o ozônio é transformado em oxigênio permitindo assim ao aluno compreender a importância dessas duas reações para que a camada de ozônio se mantenha em equilíbrio atuando como um filtro protetor que retém cerca de 80% de toda a radiação ultravioleta proveniente do Sol, assim como o impacto da destruição da camada de ozônio e os desequilíbrios provocados nos ecossistemas e consequentemente na saúde humana. Outra informação mencionada é a contribuição dos gases liberados pelos aviões supersônicos, que voam acima de 25% km de altitude, das cinzas dos vulcões e sobretudo dos clorofluorcarbonos (CFCs) grupo de gases utilizados na indústria, com ênfase no CF_2 , Cl_2 e $CFCl_3$. Os CFCs contribuem também para o aumento do efeito estufa. De forma simplificada os autores resumem em algumas equações químicas o processo de liberação de átomos de cloro, pelos CFCs, sob a

ação dos raios ultravioleta, que reagem com o ozônio e se transformam em oxigênio, sendo ao final da reação regenerados e destruindo outras moléculas de ozônio.

A figura que apresenta o ciclo do oxigênio traz o processo de combustão, respiração, decomposição e fotossíntese, bem como o processo de formação de ozônio a partir do oxigênio, trata de uma imagem nítida, clara e bem explicativa.

Outra imagem apresentada é uma imagem de satélite do buraco na camada de ozônio sobre a Antártida capturada em 25 de setembro de 2010, a fim de que seja observado a destruição do ozônio sobre a Antártida e o quanto trata-se de um fenômeno cíclico, no qual a progressiva destruição da camada de ozônio reduz a fotossíntese e destroem o fitoplâncton causando desequilíbrios ecológicos nos ecossistemas aquáticos. Diante da gravidade do problema, diversas reuniões internacionais foram realizadas com o objetivo de deliberar sobre a redução da produção e do consumo de CFCs, bem como sua substituição por gases que não afetam a camada de ozônio. Em setembro de 1987, o Protocolo de Montreal foi assinado, e desde então, com a sua implementação, as emissões de CFCs diminuíram 97% nos países industrializados e 84% nos demais.

O ciclo da água é bem explorado neste livro, com ênfase na sua concentração e importância para a manutenção da vida e o importante papel da energia solar no ciclo hidrológico. Os autores tratam inclusive sobre os dois tipos de ciclos, o curto e o longo, diferentemente do que ocorre nos outros dois livros analisados, que não mencionam a existência de um ciclo hidrológico curto e um ciclo longo. Além disso, na seção “Biologia e ambiente” o autor traz a questão da escassez da água, como resultado do uso não responsável e em larga escala de forma acelerada, o que impede que a natureza tenha tempo de repô-la, além da questão da poluição por resíduos industriais e esgoto doméstico que são lançados sem o devido tratamento. Ao final de cada texto complementar os autores sempre buscam integrar os alunos à realidade ambiental para fazer com que eles percebam que são agentes transformadores da realidade mencionando medidas que podem ser tomadas a fim de ajudar a preservar os recursos naturais e evitar o desperdício, o que é muito válido se levarmos em consideração que os alunos são os agentes multiplicadores para mudar a realidade das próximas décadas.

O ciclo do nitrogênio é discutido em detalhes, as etapas de fixação,

amonificação, nitrificação e desnitrificação são discutidas, destacando a importância desse elemento para os seres vivos e as práticas agrícolas sustentáveis, como a adubação verde e a rotação de culturas. As figuras são de boa qualidade sintetizando todo o processo do ciclo do nitrogênio, enfatizando a participação das plantas, dos decompositores e das bactérias envolvidas. Cada etapa do ciclo é descrita de forma clara e sucinta. Na etapa da fixação, onde acontece a transformação do gás nitrogênio em amônia, menciona-se o gênero e o papel das bactérias fixadoras na utilização da amônia e a participação da enzima especial denominada nitrogenase. É apresentada a equação química que resume esse processo, que tem inclusive alto custo energético. Na etapa da amonificação é explicado como se dá a fixação do nitrogênio a partir de uma parcela da amônia que se encontra no solo, enquanto a outra parcela se dá a partir da decomposição das proteínas, dos ácidos nucleicos e dos resíduos nitrogenados presentes em cadáveres e excretas, essa etapa do processo é desempenhada pelas bactérias, fungos e outros decompositores. Ao explicar o fenômeno da conversão da amônia em nitrato, nitrificação, menciona-se quais são os gêneros envolvidos e explica-se que processo ocorre em duas etapas: nitrosação e nitratação.

Outro fato importante no ciclo do nitrogênio que é mencionado no capítulo é o fenômeno da desnitrificação que permite que uma parcela dos nitratos do solo transforme-se novamente em nitrogênio e retorne à atmosfera, encerrando-se assim o ciclo e estabilizando-se a taxa de nitrato do solo. É ainda trabalhado neste capítulo a questão da fertilização do solo através das técnicas de rotação de culturas e adubação verde. O ciclo do nitrogênio é bastante complexo, no entanto os autores utilizam uma linguagem simples e acessível que aliada a qualidade das figuras facilitam a compreensão do aluno.

O livro incentiva a pesquisa e a apresentação de trabalhos sobre adubação, criando um ambiente de aprendizado prático e interdisciplinar.

Ao final do capítulo, têm-se questões de vestibulares e Enem e uma seção de “trabalho em equipe” que sugere que os alunos escolham um dos temas enumerados para realizar uma pesquisa com o auxílio dos professores de Biologia, Química, Física, Geografia e História e apresentar o resultado do trabalho para a classe e a comunidade escolar. A interdisciplinaridade sugerida pelos autores engrandece o assunto trabalhado e proporciona o engajamento da turma.

Este livro destaca a relação entre os processos biológicos, hidrológicos e geológicos na reciclagem de nutrientes. A linguagem é acessível, e as figuras e ilustrações são de excelente qualidade, complementando as explicações. A linguagem dos autores é objetiva e totalmente adequada para alunos do ensino médio e os esquemas simplificam a compreensão do processo de ciclagem de nutrientes. Ao longo de todo o capítulo, os autores realizam uma abordagem detalhada de cada ciclo de nutrientes.

As atividades práticas propostas também são enriquecedoras, promovendo a pesquisa e a produção de apresentações multimídia. São apresentadas sugestões de trabalhos interdisciplinares com professores de outras disciplinas, como química e geografia, enriquece a abordagem do tema.

5. CONCLUSÃO

A análise dos três livros didáticos revelou que todos abordam o tema dos ciclos biogeoquímicos de maneira satisfatória, com variações na profundidade da explicação e na abordagem interdisciplinar, apresentando informações relevantes e atividades práticas que incentivam o pensamento crítico dos alunos em relação aos impactos ambientais e à importância dos ciclos biogeoquímicos. No entanto, o livro 3 (Biologia Hoje) se destacou pela profundidade das explicações, pela abordagem mais detalhada e pela ênfase nas atividades práticas e interdisciplinares propostas, o que enriquece o aprendizado dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barsano PR, Japi V. Biologia ambiental. Editora Saraiva; 2014.
2. Odum, EP. Fundamentals of Ecology. Philadelphia, PA: Saunders; 1972.
3. Ferreira, AB. Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira; 2015.
4. Townsend CR, Begon M, Harper JL. Fundamentos em ecologia. (3 edição). São

Paulo: Grupo A; 2011.

5. Miller GT, Spoolman SE. Ecologia e sustentabilidade - Tradução da 6ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning Brasil; 2012.