



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA**



**O CAMINHO DA ÁGUA DO MACRO AO MICRO: UMA PROPOSTA
INVESTIGATIVA PARA CONECTAR SABERES E MOLÉCULAS NA
FOTOSSÍNTESE**

EVELISE FÁTIMA SOUZA CORDEIRO

Rio de Janeiro

2025

EVELISE FÁTIMA SOUZA CORDEIRO

**O CAMINHO DA ÁGUA DO MACRO AO MICRO: UMA PROPOSTA
INVESTIGATIVA PARA CONECTAR SABERES E MOLÉCULAS NA
FOTOSSÍNTESE**

Dissertação de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Biologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Prof.^a Dra Luisa Andrea Ketzer

Rio de Janeiro

2025

CIP - Catalogação na Publicação

C794 Cordeiro, Evelise Fatima Souza
 O caminho da água do macro ao micro: Uma
 proposta investigativa para conectar saberes e
 moléculas na fotossíntese. / Evelise Fatima Souza
 Cordeiro. -- Rio de Janeiro, 2025.
 87 f.

 Orientadora: Luisa Andrea Ketzer.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
 Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias Professor
 Geraldo Cidade, Programa de Pós-Graduação em Ensino
 de Biologia em Rede Nacional, 2025.

 1. Ensino por investigação. 2. Ensino de
 biologia. 3. Água. 4. Fotossíntese. I. Ketzer, Luisa
 Andrea, orient. II. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

EVELISE FÁTIMA SOUZA CORDEIRO

O CAMINHO DA ÁGUA DO MACRO AO MICRO: UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA PARA CONECTAR SABERES E MOLÉCULAS NA FOTOSSÍNTESE

Trabalho de conclusão de mestrado apresentado, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Mestrado Profissional em ensino de Biologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Aprovada em 28 de Março de 2025.



Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ
CAMPUS FUNDÃO

ATA DA COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - PROFBIO da UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO/CAMPUS FUNDÃO APRESENTADA E DEFENDIDA POR **EVELISE FÁTIMA SOUZA CORDEIRO**

No vigésimo oitavo dia do mês de março de dois mil e vinte e cinco, às 14:00 horas, reuniu-se de forma remota no link: <https://conferenciaweb.mp.br/sala/luisa-andrea-ketzer> a Comissão Examinadora da Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO apresentada e defendida por **Evelise Fátima Souza Cordeiro** intitulada: “O caminho da água do macro ao micro: Uma proposta investigativa para conectar saberes e moléculas na Fotossíntese”. A Comissão Examinadora foi organizada obedecendo ao disposto nas Resoluções do Conselho de Ensino para Graduados da UFRJ e no regulamento do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, estando assim constituída: **Profa. Luísa Andrea Ketzer** PROFBIO-Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (Presidente da Banca), **Profa. Isalira Peroba Rezende Ramos**, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias de Bioimagem e Bioestrutura (PPGTBB), CENABIO/UFRJ e **Profa. Ana Paula de Souza Votto**, Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas-Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Após haver a candidata apresentado os resultados de sua Dissertação obedecendo ao prazo regimental, foi dada a palavra aos Examinadores para arguição, tendo a candidata respondido às perguntas formuladas. Logo após reuniu-se a Comissão Examinadora para proceder ao julgamento, que teve como resultado:

(X) Aprovação da Dissertação por unanimidade; () Aprovação somente após satisfazer as exigências que constam na folha de modificações, no prazo fixado pela banca (não superior a quarenta e cinco dias); () Reprovação da Dissertação.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente Ata, que vai devidamente assinada pelo Presidente, pelos Examinadores e pela Candidata.

Rio de Janeiro, 28 de março de 2025.

Presidente e Examinador 1: **Profa. Luísa Andrea Ketzer**

Examinador 2: **Profa. Isalira Peroba Rezende Ramos**

Examinador 3: **Profa. Ana Paula de Souza Votto**

Mestranda: **Evelise Fátima Souza Cordeiro**

Documento assinado digitalmente
LUISA ANDREA KETZER
Data: 28/03/2025 16:17:57-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Documento assinado digitalmente
ISALIRA PEROBA REZENDE RAMOS
Data: 31/03/2025 23:16:19-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Documento assinado digitalmente
ANA PAULA DE SOUZA VOTTO
Data: 31/03/2025 13:28:30-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Documento assinado digitalmente
EVELISE FATIMA SOUZA CORDEIRO
Data: 03/04/2025 18:44:19-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Rio de Janeiro

2025

AGRADECIMENTOS

A Professora Dr.^a Luisa Andrea Ketzer por me guiar com dedicação e paciência, mostrando sempre a potência da mulher na ciência e me apoiando até o fim dessa jornada.

A Deus, minha família, minha mãe Elisabeth, meus irmãos Eduardo, Fernando e Isabella, minha cunhada Luciane, meus sobrinhos Murilo, Érik e Eduardo, minha Tia Isabel, meus sogros Mirian e Vanderlei e especialmente ao meu esposo Diego que secou minhas lágrimas, encorajou, acompanhou e apoiou incondicionalmente todos os meus passos.

Aos meus amigos que dividiram momentos ao longo desses anos, em especial à Juliana (metade), Lilian Lucy (eterna dupla), Laila, Luciane e Lucas que sempre me encheram de palavras de carinho, abraços e orações.

A todos os amigos, professores e funcionários do PROFBIO que me acolheram e me fizeram sentir em casa, em especial as amigas de turma Juliana, Paula, Patrícia e Raquel que me deram coragem para enfrentar os momentos desafiadores.

Aos alunos que me fizeram chegar até aqui, e me fazem ser uma pessoa melhor a cada dia.

Aos diretores, coordenadores, professores e funcionários das unidades escolares da Diretoria de ensino da região de Jacareí, por onde passei nesses quase treze anos de docência.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.

Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.

Paulo Freire

RELATO DE EXPERIÊNCIA COM O PROFBIO

O PROFBIO marcou minha vida, pois aprendi que existe um processo científico como professora pesquisadora, olhando para a sala de aula como um campo frutífero para desenvolver tanto o estudante quanto o profissional.

Tive a oportunidade de conhecer atualizações na área da Genética, Botânica, Ecologia, Bioquímica e Evolução, provando que a formação continuada dos professores é realmente necessária nesse mundo acelerado, onde o conhecimento científico muda rapidamente, e o diálogo entre a universidade e a escola é a ponte que faz isso acontecer.

Foram dois anos felizes de estudo, dedicação, conexão e aprendizado, e as sextas-feiras nunca mais serão as mesmas, pois nesse período todos sabiam que a cada aula teríamos a oportunidade de compartilhar conhecimento com professores incríveis da turma 2023.

Mas nem tudo se encaixou, e surgiram desafios de horários e ausências que tive que arcar para estar presente no Mestrado e olhando para trás, eu faria tudo novamente.

Tive algumas perdas que levo no coração e que afetaram meu rendimento e abalaram meu emocional, mas o apoio dos companheiros do PROFBIO me ajudaram a seguir em frente.

Amizades e sonhos foram realizados durante o curso, estou feliz e motivada a dar continuidade e conquistar em um futuro próximo, um doutorado em Educação ou em alguma área que dialogue com a Educação.

SOBRE A AUTORA

Evelise Fátima Souza Cordeiro é professora de Ciências e Biologia na Educação Básica desde 2012 no município de Jacareí (SP). É graduada em Ciências (Licenciatura Plena em Biologia) pela Universidade de Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo. Visando ao processo contínuo de formação em sua área, participa regularmente de cursos de atualização em diversas áreas que perpassam o ensino de Biologia. Nesse percurso formativo atuou como formadora de professores de ciências na Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, produzindo trabalhos sobre o ensino de ciências, apresentados em congressos, o que levou ao ingresso no Mestrado. Atualmente, é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia - Mestrado Profissional oferecido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, cuja pesquisa é produzir uma sequência didática para conectar a molécula da água aos processos bioquímicos com foco na fotossíntese

RESUMO

CORDEIRO, E. F. S. O caminho da água do macro ao micro: Uma proposta investigativa para conectar saberes e moléculas na fotossíntese. Uma das primeiras palavras que o ser humano aprende em sua vida é “ÁGUA”, com a simples intenção de saciar uma necessidade fisiológica, mas essa palavra está envolvida em diversos outros processos que garantem a vida na Terra. A integração desses processos e a necessidade de conectar os conceitos de forma coerente na área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio são observadas nos documentos que pautam o processo de ensino aprendizagem, tanto na Base Nacional Comum Curricular quanto nos Currículos Estaduais. Observando a relevância e necessidade de propor uma metodologia integrativa, o objetivo central desse trabalho é apresentar aos estudantes do ensino médio, a molécula água e suas propriedades desde o ciclo biogeoquímico até o metabolismo vegetal no processo da fotossíntese. Para que isso aconteça, foi produzida uma sequência didática investigativa (SDI) que coloca a investigação científica na prática docente de forma organizada. Essa sequência é composta por quatro partes com abordagens e metodologias diversificadas: 1) Água - a molécula da vida onde o estudante é apresentado ao tema através da apreciação da arte com fotos e música que medeiam a inserção na situação problema para criação de hipóteses em grupo; 2) uma molécula quimicamente perfeita - esse grupo vai buscar a integração com os conceitos desenvolvidos na química para observar e testar as propriedades físico químicas da água; 3) água no mundo micro - os alunos atuarão no mundo atômico para observar como a água faz sua jornada até ser transformada na fotossíntese, para isso eles tem um desafio investigativo que começa no desenvolvimento de um experimento e termina em um jogo colaborativo; 4) uma jornada sem fim - esse grupo de alunos pode rever tudo que aprendeu, debater ideias e dúvidas para finalizar em um mapa conceitual em que cada parte deve ser contemplada. Com essa sequência espera-se que o estudante identifique, analise e utilize os conhecimentos construídos sobre a inter-relação dinâmica da vida na Terra para posteriormente elaborar argumentos, sobre o funcionamento dos seres vivos e a conexão dos processos para tal, e até mesmo para a tomada de decisões éticas e responsáveis na sociedade.

Palavras-chave: ciclo da água, metabolismo vegetal, sequência didática investigativa.

ABSTRACT

CORDEIRO, E. F. S. The path of water from macro to micro: An investigative proposal to connect knowledge and molecules in photosynthesis. One of the first words that a human being learns in his life is "WATER," with the simple intention of satisfying a physiological need. However, this word is involved in numerous other processes that sustain life on Earth. The integration of these processes and the need to connect concepts coherently within the field of Natural Sciences and their Technologies in High School are observed in the documents that guide the teaching and learning process, both in the National Common Curricular Base and in State Curricula. Recognizing the relevance and necessity of proposing an integrative methodology, the main objective of this work is to introduce to high school students the water molecule and its properties, from the biogeochemical cycle to plant metabolism in the photosynthesis process. To achieve this, an investigative didactic sequence (IDS) was developed, incorporating scientific inquiry into teaching practice in an organized manner. This sequence consists of four parts, each employing diverse approaches and methodologies. In the first part, Water: The Molecule of Life, where students are introduced to the topic through artistic appreciation using photos and music, which facilitate engagement with a problem situation and the formulation of hypotheses in groups. In the second part, A Chemically Perfect Molecule, the group explores connections with chemistry concepts to observe and test the physicochemical properties of water. The third part, Water in the Micro World, immerses students in the atomic world to examine how water travels until it is transformed in photosynthesis. This stage includes an investigative challenge that begins with an experiment and concludes with a collaborative game. In the final part, An Endless Journey, students review everything they have learned, discuss ideas and questions, and create a conceptual map that integrates all aspects of the sequence. Through this sequence, students are expected to identify, analyze, and apply their knowledge about the dynamic interrelationship of life on Earth. This understanding will enable them to construct arguments about the functioning of living beings, the connection between biological processes, and even make ethical and responsible decisions in society.

Keywords: water cycle, plant metabolism, investigative didactic sequence.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Representação esquemática da sequência didática investigativa</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2 - Exemplo de questão do ENEM 2016</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3 - Exemplo de questão do ENEM 2010</i>	<i>34</i>
<i>Figura 4 - Exemplo de questão do ENEM 2010</i>	<i>34</i>

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
SDI	Sequência Didática Investigativa
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
PROFBIO	Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
TCM	Trabalho de Conclusão do Mestrado

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1.1- Sequência didática investigativa (SDI).....	13
1.2- A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)	16
1.3 - Livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).....	18
1.4 - Exame nacional do ensino médio (ENEM).....	19
1.5 - Jogo didático cooperativo.....	20
1.6- Água no ensino de Biologia.....	21
1.7- Fotossíntese no ensino de Biologia.....	22
OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo Geral.....	25
2.2- Objetivos específicos.....	25
METODOLOGIA.....	26
3.1 -Sequência Didática Investigativa (SDI)	26
3.2 - Livros didáticos (PNLD) 2021 - 2024.	29
3.3- Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).....	30
3.4 - Aspectos éticos e/ou ambientais.....	31
RESULTADOS e DISCUSSÃO.....	32
4.1- Livro didático do programa nacional do livro didático (PNLD).....	32
4.2 - Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).....	33
4.3-Sequência Didática Investigativa (SDI).....	35

4.3.1 – Etapa 1.....	36
4.3.2 – Etapa 2.....	37
4.3.3 – Etapa 3.....	38
4.3.4 – Etapa 4.....	39
CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICE 1.....	48
APÊNDICE 2.....	67
APÊNDICE 3.....	69
APÊNDICE 4.....	70
APÊNDICE 5.....	71
ANEXO 1.....	80
ANEXO 2.....	84

1.0 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de conclusão do mestrado (TCM) trata da elaboração de uma sequência didática investigativa (SDI) para uso em sala de aula. O objetivo da SDI é mobilizar estudantes do Ensino Médio para identificar o caminho que a molécula da água realiza no ambiente e como ela está conectada aos processos bioquímicos e consequentemente à manutenção da vida na Terra.

Esta introdução será dividida em seções. Em cada uma exploraremos como a sequência didática se relaciona com os fundamentos do ensino investigativo, com as diretrizes oficiais do ensino básico, com o livro didático, com o jogo didático e com a água e a fotossíntese no ensino de Biologia.

1.1- Sequência didática investigativa (SDI)

O processo de ensino e aprendizagem vem se modificando, e cada vez mais a área de ciência da natureza se torna um local genuíno para investigar e viabilizar a articulação dos conhecimentos que os estudantes trazem do mundo em que vivem para o confronto com experimentos investigativos, e assim, produzir, discutir e analisar novas ideias, passando do conhecimento espontâneo ao científico. Esse processo é longo, e pode ser incorporado à alfabetização científica, onde o estudante atua como cidadão crítico que faz parte da mudança e compreende os resultados das suas próprias ações no Mundo (CARVALHO, 2012; SASSERON, 2019).

Sendo a ciência uma construção social, vinda de práticas e compartilhamento de normas e linguagem próprias (LONGINO, 2018; KUHN, 2020), é crescente a quantidade de pesquisas que abordam aspectos epistemológicos, evidenciando que este não se constrói somente na aquisição de conceitos, mas também deve mobilizar os alunos para que conheçam e se apropriem das práticas da comunidade científica (KELLY & LICONA, 2018).

Trivelato e Tonidandel (2015) relatam que as principais dificuldades para as atividades experimentais nas aulas de biologia são: 1- Tempo de observação; 2- Padronização dos resultados sob as mesmas variáveis; 3- Ética e 4- Evidências indiretas para conclusões diretas. Diante dessas dificuldades, a SDI apresenta a sistematização dos processos a partir das perguntas, podendo otimizar o tempo de observação e as evidências para construção das conclusões a partir das hipóteses propostas.

De acordo com Zabala (1998), uma sequência didática é composta de atividades articuladas e ordenadas, com o objetivo de analisar situações-problema e promover entendimento do conteúdo ou tema pelos estudantes. Além disso, as sequências didáticas investigativas permitem que os alunos tenham condições de trazer seus conhecimentos prévios que serão confrontados com experimentos/vivências que o professor deve oportunizar, para que assim os alunos possam ter novas ideias e possam discuti-las com seus colegas, passando do conhecimento espontâneo ao científico. Finalmente, para o fechamento, há o debate e discussão da conclusão final entre os alunos e o professor em busca de soluções para o problema (BATISTA & SILVA, 2018; CARVALHO, 2012).

Para Motokane (2015) os fatores para a construção de uma SDI são:

- 1- Propostas da alfabetização científica;
- 2- Elaboração de argumentos e a contextualização dos problemas científicos;
- 3- O exercício da argumentação à partir da análise de problemas em um contexto.

Esse autor estabeleceu onze características das sequências didáticas investigativas, que versam sobre: protagonismo do aluno, organização das atividades do início ao fim, inserção dos conceitos de forma explícita, produção de textos e anotações escritas, criação de momentos de devolutiva do que foi produzido, articulação de atividades com diferentes competências (leitura, debates, produções, etc), situação problema no início, fomentar dados para as conclusões, disponibilização de recursos para pesquisa, utilização da linguagem científica e adaptação de acordo com a realidade de cada turma (MOTOKANE, 2015).

Os autores Scarpa e Campos (2018) delimitam que uma sequência didática no ensino por investigação deve:

- 1- Respeitar os princípios do consenso construtivista (estimulando o raciocínio dos estudantes e a construção do conhecimento com base nos conhecimentos prévios, na análise e interpretação de dados e nas interações discursivas).
- 2- Conectar o tema com o cotidiano dos alunos.

3- Propiciar o desenvolvimento da linguagem científica, aproximando os alunos das práticas das ciências para contemplar o segundo eixo da alfabetização científica (Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática).

4- Comunicar os resultados em um processo de reflexão coletiva, para estimular a análise crítica dos conhecimentos construídos, relacionando-os com questões éticas.

Carvalho (2018) destaca que em uma atividade investigativa o cuidado do(a) professor(a) com o “*grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema*” são itens de extrema importância, pois é a proposta que mobiliza o início do raciocínio dos alunos e sem liberdade intelectual eles não terão coragem de expor seus pensamentos, seus raciocínios e suas argumentações. Sabendo disso, a SDI foi construída de modo a exercitar alguns graus de liberdade que são quantificáveis, mantendo a sala de aula como um local de debates de ideias e respeito.

Os graus de liberdade são quantificáveis de 1 a 5. Esses graus representam a autonomia investigativa da proposta pedagógica segundo Carvalho (2018):

No grau 1 o professor realiza quase todas as etapas, e o estudante fica como executor de tarefas, buscando um meio de comprovar a teoria e chegar a conclusão esperada.

No grau 2 ainda é um método bancário (onde o estudante recebe a informação), mas há discussão das hipóteses e o plano de trabalho pode ter interferência discente.

No grau 3 o professor traz o problema, os estudantes discutem as hipóteses, buscam testar e fazer inferências que podem refutar a hipótese inicial ou deixá-la mais robusta. Isso pode acontecer com a mediação do professor, por fim, o professor propõe a retomada e sistematização com a turma.

No grau 4 o professor ainda traz o problema, mas todas as etapas são realizadas pelos estudantes, e fica a critério deles obter auxílio docente. E no final há a sistematização mediada pelo professor.

O grau 5 é mais alto, e é encontrado nas feiras de ciências. Onde os estudantes realizam todo o processo desde a percepção e a proposta do problema, e o professor fica como apoio nesse trajeto.

1.2- A Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A construção dos documentos orientadores do ensino no Brasil vem se consolidando ao longo dos anos, tendo na Lei de Diretrizes e Bases (LDB) a proposta de organização em quatro áreas do conhecimento (ciências da natureza e suas tecnologias, ciências humanas e sociais, matemática e suas tecnologias e linguagens e suas tecnologias) juntamente com o parecer CNE/CP nº 11/200925 que reafirma que essa organização não diminuiu a especificidade necessária para cada área separadamente, mas facilita a integração (BRASIL, 2018; BRASIL, 2017). Atualmente a BNCC apresenta um compilado das diretrizes nacionais para organizar, normatizar e orientar as habilidades e competências identificadas como necessárias para a formação cidadã. Essa formação engloba de forma complexa o objeto de estudo desta pesquisa, pois no documento, a palavra água aparece 27 vezes na seção para o ensino fundamental (arte, ciências, geografia e matemática) e 2 vezes em ciências da natureza para o ensino médio. Sendo assim, cada docente divide o desafio de mediar o desenvolvimento dessas habilidades e competências que tem a água como cerne. Para isso é necessário que a transposição didática aconteça de modo efetivo, tendo em vista a complexidade para abordar e conectar conceitos e aplicação desses conceitos abstratos de forma significativa.

A transposição didática no ensino de biologia é um processo fundamental que adapta os conhecimentos científicos para o contexto educacional, tornando-os acessíveis e compreensíveis para os estudantes, sem perder a profundidade e a complexidade do conteúdo. Esse processo envolve a seleção, organização e apresentação dos saberes de forma contextualizada, utilizando metodologias que favoreçam uma aprendizagem significativa. No ensino de biologia, a transposição é essencial para aproximar temas complexos, como genética, ecologia e fisiologia, da realidade dos alunos, ajudando-os a entender a aplicabilidade desses conceitos no cotidiano e nos fenômenos biológicos (SALLA & CALDEIRA, 2021).

O estudo de Salla e Caldeira (2021) investigou como a transposição didática do conhecimento científico se reflete no ensino escolar, para o exercício da cidadania, revelando assim, que alguns fatores estão envolvidos nesse processo, como o interesse dos alunos e a valorização dos docentes. Além disso, a formação inicial dos professores é o momento que pode se garantir uma transposição didática eficaz, alinhada à realidade dos alunos e à sua capacidade de compreensão.

Bacci e Pataca (2008) acrescentam à discussão a ideia que a educação efetiva é realizada quando temos uma visão integrada do mundo, que privilegia a análise das inter-relações e as interferências humanas no Planeta.

Essa ideia é observada no texto introdutório da BNCC da área de Ciências da Natureza:

Os conhecimentos conceituais são sistematizados em leis, teorias e modelos. A elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações. Portanto, no Ensino Médio, o desenvolvimento do pensamento científico envolve aprendizagens específicas, com vistas a sua aplicação em contextos diversos (BRASIL, p. 548, 2018)

Tendo a transposição didática como a ponte que reúne as disciplinas de biologia, física, química, geografia entre outras. Há a necessidade de garantir a especificidade proposta nos documentos citados, sendo assim, as habilidades da BNCC da área de Ciências da Natureza que se enquadram na proposta da Sequência Didática Investigativa (SDI) são:

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

É notório que a organização dos documentos que regem a educação básica deve ser observada com atenção, assim a proposta do trabalho teve sua construção após a análise de cada habilidade e competência da BNCC, mas as possibilidades para transposição didática não se findam neste documento. Visto que a contextualização com a realidade da comunidade escolar e com os assuntos que fazem parte da vida do estudante e o colocam como cidadão atuante, são

mais relevantes. Posto isso, o presente trabalho se apresenta como um início de pensamento organizado e preocupado com essa articulação da água em suas diversas faces.

1.3 - Livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)

A educação básica conta com materiais de apoio ao processo de ensino aprendizagem. O programa nacional do livro didático (PNLD) traz quadrienalmente uma série de livros didáticos para uso nas escolas de todo país. Esse programa segue critérios estabelecidos pelos editais que estão de acordo com a legislação vigente, e são avaliados por especialistas. Para Souza e Rocha (2017) [...]

Frequentemente o que é escrito nos livros didáticos encontra barreiras de natureza epistemológica, seja esbarrando na complexidade dos fenômenos científicos ou na falta de linguagem e de outros recursos que tornem acessíveis as informações para os alunos.

Silva (2016) discorre sobre “a estrutura do livro didático”, ser na maioria das vezes, algo que apresenta o conteúdo conceitual de forma linear, colocando a necessidade de materiais didáticos de apoio para a construção de propostas de intervenção e assim construir uma rede de possibilidades de aplicação de um certo conceito. Otalara e Carvalho (2011), descrevem que o livro didático é um material acessível, podendo ser utilizado para consulta e por isso, há a necessidade de trabalhar questões atuais sobre a água, de forma que os estudantes e professores pensem de maneira crítica e analítica. Nesse contexto, a água pode parecer algo trivial, pois é apenas uma substância formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio. No entanto, ela apresenta propriedades singulares, destacando-se o fato de existir na Terra de maneira natural e simultânea nas três formas físicas: sólida, líquida e gasosa (MEAULO, 2004).

É importante destacar que, ao discutir o tema da água em livros, o conhecimento sobre os diferentes estados físicos desse elemento é frequentemente abordado. Os estados físicos da matéria sofrem alterações em função da energia e da pressão a que são submetidos. A água é frequentemente citada quando se explora a mudança de estado físico, possivelmente porque pode ser observada na natureza em três estados distintos. Ademais, é bastante simples notar as transformações que essa substância atravessa. Dessa forma, a água se torna um exemplo claro e acessível para a explicação dos estados físicos da matéria (MEAULO, 2004).

A água, ao se apresentar em seus três estados físicos distintos, cria um ciclo denominado ciclo hidrológico. Esse ciclo é visto nos livros desde os anos iniciais do ensino fundamental, e envolve a movimentação da água na Terra, ocorrendo por meio de processos como evaporação,

condensação, precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento, tanto superficial quanto subterrâneo. Como o termo "ciclo" indica, não há um início ou fim definidos; no entanto, para alguns autores, a evaporação da água nos oceanos é considerada como ponto inicial. Esse ciclo ocorre em função de vários eventos, mas a energia solar e o campo gravitacional da Terra contribuem de forma decisiva (MEAULO, 2004).

Nos livros didáticos, a água se apresenta como um tema amplo, e obviamente, o trabalho não conseguirá discutir todos os aspectos de maneira a esgotá-los, mas sim observar, a partir da bibliografia disponível, algumas questões relevantes para o debate relacionando a água à fotossíntese, e que, por isso, são consideradas como importantes para este material e que poderiam ser incorporadas aos livros didáticos.

1.4 - Exame nacional do ensino médio (ENEM)

O exame nacional do ensino médio (ENEM), criado em 1998 pela Portaria nº 438 do Ministério da Educação (MEC), tem como um de seus principais objetivos avaliar o desempenho dos alunos ao longo da educação básica, com ênfase na capacidade de aplicar conhecimentos em contextos reais. Além disso, ele serve como um importante critério de acesso à educação superior e a cursos profissionalizantes. O ENEM, coordenado pelo MEC e pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), tem características tanto classificatórias quanto diagnósticas, possibilitando a comparação de resultados dos alunos em diversas faixas de desempenho (ZANCHET, 2003). A avaliação é voltada para a articulação entre conteúdos, habilidades cognitivas e a aplicação prática desses conhecimentos em situações cotidianas (SOARES e NASCIMENTO, 2011).

O conteúdo abordado no ENEM reflete diretamente a formação adquirida ao longo do ensino médio, sendo crucial que temas como a água e seus processos bioquímicos, como a fotossíntese, estejam integrados de forma significativa nos currículos e no exame. A água, enquanto molécula essencial para a vida, conecta diversos processos biológicos e ambientais. No entanto, é fundamental que o ENEM não apenas avalie a capacidade de memorização dos conteúdos, mas também estimule a reflexão crítica sobre esses processos naturais e suas implicações para a sociedade e o meio ambiente. Minhoto (2008) observa que, embora o exame tenha um caráter de seleção para o ensino superior, ele frequentemente não incentiva a autonomia escolar, o que limita o desenvolvimento de habilidades críticas e criativas nos estudantes.

Este trabalho visa analisar a forma como o tema da água e sua relação com processos bioquímicos, como a fotossíntese, são tratados no ENEM, destacando a importância dessa abordagem para o desenvolvimento de competências dos alunos, como o raciocínio crítico e a capacidade de tomar decisões informadas sobre questões ambientais. Além disso, busca-se entender como a inserção desse tema no exame contribui para a formação integral do estudante e como ele pode ser utilizado como uma ferramenta para promover a inclusão no ensino superior. Assim, a proposta de uma sequência didática investigativa, que envolva o estudo da água e de processos biológicos interconectados, se apresenta como uma oportunidade de fortalecer a aprendizagem e a compreensão dos alunos, preparando-os tanto para o exame quanto para desafios socioambientais atuais.

1.5 - Jogo didático cooperativo.

A proposta do Novo Ensino Médio e da BNCC trazem uma visão integrada, onde os conteúdos de Ciências da Natureza constituída por Biologia, Física e Química se conectam. Entretanto, fazer o estudante construir essa conexão exige estratégias organizadas, pontuais e engajadas, como é o caso dos jogos.

Os jogos didáticos são ferramentas com objetivo de facilitar o desenvolvimento do conhecimento, permitindo que os alunos desenvolvam não só competências cognitivas, mas também socioemocionais. O jogo estreita a interação entre professor e aluno, deixando a sala de aula como um espaço mais dinâmico e participativo. A utilização de jogos pode ajudar a preencher lacunas deixadas por métodos tradicionais de ensino, estimulando a criatividade e a comunicação entre os estudantes (BARROS *et al.*, 2016).

Vão além da interação entre aluno e professor, são projetados para promover a cooperação entre os participantes, incentivando-os a trabalhar juntos para alcançar objetivos comuns. Os estudantes não apenas competem entre si, mas colaboram para resolver problemas ou completar tarefas, o que promove um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e solidário (MUNHOZ *et al.*, 2016).

Enquanto os jogos didáticos podem ser utilizados como ferramentas de consolidação do conteúdo e motivação, os jogos didáticos cooperativos podem ser vistos como oportunidades para desenvolver habilidades interpessoais e promover um aprendizado através da interação social com a tomada de decisão coletiva.

Para Campos *et al.* (2003) os jogos didáticos se consolidaram como estratégias que geram engajamento dentro da sala de aula. Agindo como um mecanismo para que o estudante se desenvolva durante a realização da atividade. Nos jogos o estudante pode interagir de forma diferente com a turma, estimulando competências socioemocionais como a colaboração e a autogestão, além de ser impulsionado a criar estratégias para finalizar aquela proposta.

Os jogos trazem a possibilidade da alfabetização ligada a símbolos, esquemas e etc. Sendo primordial para o entendimento no nível atômico, visto que o estudante não tem a possibilidade de observar o processo acontecendo no mundo real, como é o caso proposto neste trabalho. Os estudantes podem acessar outro olhar da investigação em ciência, utilizando das tentativas e erros, que no caso dos jogos didáticos colaborativos aproximam mais do método científico (MOITA e VIANA, 2022)

Silva & Barros (2020) destacam que alguns conteúdos de Biologia podem parecer distantes e abstratos para os estudantes, independente da sua faixa etária. E a utilização da metodologia ativa por jogos, gera aproximação e uma nova roupagem para um conteúdo que antes foi visto de forma técnica e sem produção de uma contextualização fluida e que leve o estudante a pensar sobre sua atuação no contexto apresentado. Além do acesso facilitado dos conceitos, a reprodução dos elementos dos jogos é simples e pode ser incorporada a aula, sem necessidade de aquisição de equipamentos, se resumindo a cartas, tabuleiros, dados, fichas que podem ser impressos pelo próprio docente.

Nesta proposta investigativa, o jogo didático vem para compor a terceira etapa que envolve os processos bioquímicos que as moléculas e átomos desempenham no processo fotossintético. Devido ao alto nível de abstração, dificuldade e interdisciplinaridade, essa estratégia foi utilizada para transcender a barreira dos conceitos químicos e dos processos envolvidos. Os jogos didáticos quando mobilizados de forma cooperativa, são instrumentos que promovem o protagonismo, autonomia, gestão de tempo e trabalho em equipe. Com a preocupação em gerar a investigação para a conexão da molécula da água, seus produtos e a manutenção da vida na Terra.

1.6- Água no ensino de Biologia.

A água, fundamental para a manutenção da vida, transcende sua definição como simples molécula. Conhecer suas propriedades e sua atuação nos processos biológicos revela a profunda

preocupação com a sobrevivência da espécie humana, a conservação e o equilíbrio da biodiversidade, e as intrincadas relações de dependência entre seres vivos e seus ambientes (BACCI & PATACA, 2008).

Muitas culturas e hábitos foram construídos a partir da relação com a água, seja em sua presença ou ausência, determinando o futuro de gerações. No entanto, ao classificar a água como "recurso hídrico" em vez de "bem natural", corremos o risco de perder a percepção sistêmica e passar a enxergá-la como um mero produto (BACCI & PATACA, 2008).

Essa mudança de perspectiva obscurece a complexa teia de interdependência que conecta a água à vida na Terra. O planeta não teria a biodiversidade e as características abióticas que conhecemos sem ela. Em uma escala cronológica, os elementos hidrogênio e oxigênio se combinaram em condições específicas, para originar a molécula tema deste TCM (BACCI & PATACA, 2008).

Os fenômenos de evaporação e precipitação, impulsionados pela energia solar e pela gravidade, transportam diferentes volumes de água para várias partes do mundo, moldando os ecossistemas terrestres. Nos oceanos, a evaporação supera a precipitação, enquanto essa relação se inverte nos continentes. Uma exceção notável a essa dinâmica é a Bacia Amazônica, onde cerca de cinquenta por cento da precipitação parece oriunda da própria Bacia. A quantidade, a distribuição e a frequência das precipitações seja, em forma de chuva ou neve, assim como a evapotranspiração, são fatores essenciais que moldam as características dos principais ecossistemas terrestres (BRAGA *et al.*, 2002).

Diante dessa intrincada conexão entre a água, os sistemas biológicos e a vida no planeta, torna-se imperativo produzir materiais pedagógicos que desenvolvam o pensamento crítico dos estudantes sobre essa temática. É crucial que as futuras gerações compreendam a água não apenas como um recurso a ser gerenciado, mas como um elemento vital para a manutenção da vida e do equilíbrio ambiental. Através de sequências didáticas investigativas e materiais educativos inovadores, podemos capacitar os alunos a se tornarem cidadãos conscientes e engajados na preservação desse bem essencial para o futuro da Terra.

1.7- Fotossíntese no ensino de Biologia.

A fotossíntese é um processo que fomenta pesquisas pelo mundo em ensino de Biologia, como no trabalho de Lumpe e Staver (1995), desenvolvido em escola de ensino médio nos

Estados Unidos, que evidenciou as múltiplas concepções acerca do processo, e muitas delas divergem dos conceitos aceitos pela comunidade científica. E isso, pode ser generalizado para diferentes faixas etárias, desde crianças à adultos, incluindo professores.

No Brasil a realidade não é diferente, Trazzi & Oliveira (2016) evidenciaram que o conceito de “fotossíntese” tem alto grau de generalidade, significando que, precisa de outros conceitos advindos de outras áreas como a química, a física e a até mesmo a geografia para que seja incorporado de forma linear, e faça sentido na construção do conhecimento para o aluno. Essa complexidade gera grandes lacunas entre o conhecimento tradicional exibido na forma de pensar/expressar dos alunos e o conceito científico. Assim, é necessário que se tornem temas recorrentes no ensino, e desenvolvidos no ensino fundamental anos iniciais e finais em Ciências, para que o aluno aprofunde os processos de ensino e aprendizagem que ocorrerão no Ensino Médio.

Para Waheed e Lucas (1992) e Kawasaki (1987), esses temas interdisciplinares, compostos por conceitos bioquímicos, ecológicos, anatômicos, fisiológicos e energéticos, precisam de uma abordagem diferente, pois tratam de temas integradores do ensino de Biologia e Ciências, reforçando a necessidade de investigar o ensino e aprendizagem na educação básica, para que as estratégias de ensino sejam coerentes e eficazes. Waheed e Lucas (1992), e Millar (2003) afirmaram que esses conteúdos são estruturadores e precisam ser consolidados pelos alunos para uma visão mais abrangente dos fenômenos naturais e sua conexão.

Lumpe & Staver (1995) em seu trabalho demonstraram que os estudantes não compreendem como e por que a água, o ar e a luz são reagentes desse processo autotrófico. Já Wandersee (1988) elaborou uma relação com 22 concepções divergentes sobre o processo de fotossíntese, endossando a dificuldade de trabalhar com a integração desta temática. Tendo, então, essa multiplicidade de conceitos e a obrigatoriedade da articulação dos saberes para integração da molécula água ao metabolismo, este TCM vem com uma proposta investigativa para mediar o processo de ensino aprendizagem.

A partir dessa perspectiva, foi possível elaborar um trabalho que uniu a molécula da água e seus processos bioquímicos, iniciando com a compreensão do ciclo da água, passando pelos fenômenos dos rios voadores da Amazônia, e culminando na fotossíntese. Essa abordagem integrada, que une aspectos naturais e científicos com a realidade local, permite que os alunos compreendam a relevância da água em processos essenciais à vida na Terra e

reconheçam como esses processos interagem com o meio ambiente, formando uma rede de conhecimentos interligados que contribui para a formação de cidadãos críticos e conscientes dos desafios ambientais.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- Produzir uma sequência didática investigativa que promova a compreensão integrada da água desde seu ciclo biogeoquímico até o metabolismo vegetal fotossintético com foco na intrínseca relação dos processos para a manutenção da vida.

2.2- Objetivos específicos

- i) Aplicar diferentes metodologias de ensino utilizando uma proposta integradora dos conteúdos com a temática água, permitindo que o aluno seja o protagonista das ações/atividades.
- ii) Inserir a arte como sensibilizador da proposta de conexão: água-natureza-fotossíntese.
- iii) Desenvolver atividades investigativas utilizando diferentes linguagens para engajar o grupo de estudantes e possibilitar o diálogo entre pares.
- iv) Incluir experimentos práticos que permitam a observação e articulação dos conceitos teóricos envolvidos nas propriedades da molécula com seu ciclo biogeoquímico e a fotossíntese.
- v) Elaborar um jogo didático para mostrar a molécula de água no ciclo da água como ponto de partida para a fotossíntese e evidenciar como a molécula é transformada na fotossíntese.

3.0 METODOLOGIA

3.1 -Sequência Didática Investigativa (SDI)

A SDI foi desenvolvida a partir da necessidade de preencher algumas lacunas que surgem ao abordar os temas: Ciclos biogeoquímicos, água e fotossíntese que são estudados na 2ª (segunda) série do ensino médio. Essa percepção é fruto da vivência da mestrandia como professora do ensino médio por cerca de 12 anos no município de Jacareí (SP). Acrescenta-se a isso, que para a confecção do presente TCM, foi realizada a observação dos temas em alguns livros didáticos disponíveis que compõem o programa nacional do livro didático (PNLD) e nas questões do ENEM disponíveis no site do MEC, e uma revisão bibliográfica sobre o assunto que norteou a proposta apresentada. Assim, com base na experiência e nas referências consultadas, foi construída esta proposta de sequência didática para 5 (cinco) aulas de 50 minutos.

Contudo, sua aplicação não será realizada em nenhuma escola específica, mas devido a exigência do Programa de Pós-graduação, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da UFRJ, sem aceite final até o momento. Essa condição é conhecida pela coordenação do programa de pós-graduação e segundo a mesma, não se mostra como impeditivo para defesa. A mestrandia se compromete que em hipótese alguma será gerado dados oriundos da aplicação com alunos ou outros profissionais, visto que sua aplicação não está descrita na proposta.

A construção desta sequência didática investigativa foi concebida a fim de buscar soluções para atender a demanda crescente de práticas pedagógicas. As atividades investigativas desenvolvidas nas disciplinas ofertadas pelo PROFBIO foram utilizadas como inspiração para a construção da SDI (apêndice 1), tendo o caráter investigativo como cerne da prática docente. A sequência conduz o estudante a aprender de forma investigativa ao se deparar com situações problema inspiradas em fatos reais. É composta por perguntas exploratórias e atividades investigativas que guiam os estudantes. Além disso, são apresentados materiais para aprofundamento, como algumas leituras e vídeos. Na formulação das etapas da SDI, os materiais foram pensados de forma que sejam utilizados em qualquer localidade do país, sem a necessidade de algo muito específico e ainda com possibilidade de adaptação à realidade encontrada nas escolas.

O levantamento bibliográfico foi realizado, observando as publicações mais recentes com foco no caminho da água até a fotossíntese para promoção do ensino investigativo. Os seguintes descritores foram utilizados: água, ensino de biologia, molécula da água, ciclo da água, educação básica, novo ensino médio, SDI. Os termos foram combinados de várias formas para abranger um número maior de publicações no portal de periódicos Scielo, na base de dados Lilacs e no site da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SbenBio).

A SDI foi construída em etapas, para inserir a proposta gradativamente, visto que fazer essa conexão -água - natureza - sistemas biológicos é algo desafiador para os estudantes, e dividir em partes organizadas tem o objetivo de facilitar a sistematização e a construção dos conceitos e da ligação entre eles. As etapas da SDI estão resumidas na Figura 1 e detalhadas abaixo:

Figura 1 - Representação esquemática da sequência didática investigativa (SDI).



FONTE: A autora, 2024.

Etapa 1- Água, a molécula da vida!

A Figura 1 mostra que na parte 1 acontece a sensibilização. A proposta é usar a música “A água” (Arnaldo Antunes) e as obras fotográficas (UNESCO e Sebastião Salgado) para mediar a observação e mobilizar a conexão do Ciclo da Água com as próximas partes da sequência, no qual os estudantes serão inseridos, partindo assim, do Macro para identificar a conexão da molécula de água.

Na Figura 1 a parte 2 mobiliza a elaboração da Hipótese Inicial (HI) em grupo (4-5 integrantes) através de problematização com a notícia e discussão sobre o impacto dos rios voadores em outros locais e como a água faz esse caminho e se conecta aos sistemas biológicos até a fotossíntese.

Etapa 2- Uma molécula quimicamente perfeita!

A parte 1 que está ao lado do ícone da etapa 2 na Figura 1 traz a proposta de atividade A subida das cores. Utilizando a experimentação para conectar as propriedades físico-químicas da água (coesão, capilaridade, densidade e estados físicos da matéria), com a proposta inicial do percurso da água na natureza até atingir os sistemas biológicos.

Já na parte 2 tem-se a construção do mapa conceitual inicial (Figura 1), sobre o ciclo da água, os rios voadores e as propriedades físico-químicas da molécula, para organizar as ideias e identificar as conexões realizadas pelos estudantes ao longo do percurso.

Etapa 3- Água no mundo micro.

A parte 1 integra a investigação através da observação da fotossíntese de forma indireta e macroscópica (Figura 1). Utilizando a experimentação para identificar os reagentes e produtos da fotossíntese, assim como o caminho da água até as folhas.

A Figura 1 mostra a parte 2 com o título “A jornada da água na fotossíntese”. Onde no jogo didático cooperativo, as cartas mobilizam a construção do conhecimento acerca da transformação das moléculas nas etapas da fotossíntese, tendo alguns desafios naturais ou antrópicos que impactam no processo.

Etapa 4- Uma jornada sem fim!

A parte 1 (Figura 1) apresenta a segunda parte do mapa conceitual com o objetivo de organizar as ideias e identificar as conexões realizadas pelos estudantes ao longo do percurso.

A parte 2 finaliza o processo com a proposta de discussão e impressões da Jornada. Através de debate guiado para incentivar a trocas de ideias sobre as hipóteses iniciais, como os novos conhecimentos impactaram a construção do caminho da água na natureza até chegar aos sistemas biológicos.

3.2 - Livros didáticos do Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD) 2021 - 2024.

Para fundamentar a relevância e construir a sequência didática investigativa (SDI) alguns livros didáticos do PNLD foram analisados. Tomando o livro didático como objeto de estudo, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: A água se apresenta de forma conectada nas coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio?

A partir da questão de pesquisa, constituiu a primeira etapa deste trabalho com a seleção do “corpus documental”. Dentre as vantagens da utilização desse procedimento de pesquisa, Ludke e André (1986) apontam para o fato de os documentos consubstanciar em uma via de informação, resistente ao tempo, e que podem ser consultados várias vezes e por diferentes pesquisadores. Selecionou-se como corpus documental as coleções de Ciências da Natureza da editora Moderna (Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias, Diálogo: Ciências da Natureza e suas tecnologias, Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas tecnologias); da editora Scipione (Matéria, energia e vida: O mundo atual- Questões Socio científicas, Matéria, energia e vida: Materiais e energia - Transformações e conservação, Matéria Energia e Vida: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade) e editora SM (Ser protagonista) que estavam disponíveis no momento da pesquisa, portanto, aquelas aprovadas na última edição do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Obteve-se acesso ao corpus documental por meio de empréstimo do livro físico da editora SM, realizado por escola do município de Jacareí – SP e pelo site das Editoras Moderna e Scipione.

Primeiramente, decidiu-se fazer uma análise exploratória para a identificação de quais livros abordam o tema água, pois as coleções são compostas de no mínimo três livros para o

Ensino Médio como um todo. Foram realizadas análises considerando a questão orientadora desta pesquisa (A água se apresenta de forma conectada nas coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio?), e optou-se pela análise de conteúdo (AC), segundo Bauer e Gaskell (2008), que transmuta o saber complexo e volumoso para algo pontual que pode ser usado na análise qualitativa.

O início do processo foi com a leitura flutuante de Bauer e Gaskell (2008). Essa metodologia foi realizada e após várias leituras decidiu-se pela identificação de temas, cunhada pelos autores de análise temática.

O tema central foi a água, e após isso foi observado se os livros apresentavam algum tipo de conexão entre a água - natureza - fotossíntese. As categorias foram definidas após a leitura do material, sendo: Conexão entre ciclo da água e natureza, Conexão entre as propriedades da molécula e o ciclo da água, Conexão entre o ciclo da água e a fotossíntese.

3.3- Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

Com o objetivo de trazer mais relevância para a SDI, realizou-se a análise de questões formuladas para o Exame Nacional do Ensino Médio dos anos de 1998 a 2023. Nesta análise, as questões do ENEM foram selecionadas a partir das perguntas que obtivessem a exigência dos conteúdos de biologia e que necessariamente continham algum conteúdo de água e fotossíntese. Outras questões que não continham esse conteúdo para este estudo, mesmo que contivessem conteúdos relacionados à biologia, não foram analisadas. A seleção das questões contou com a participação de dois professores avaliadores com formação em biologia e geografia. Todas as provas investigadas neste estudo foram da cor rosa.

Para analisá-las propomos alguns critérios simples para identificação: 1- conexão explícita entre a molécula da água e o processo fotossintético, 2- conexão implícita entre água e o processo fotossintético, 3- abordagem da água em contexto diverso.

Depois de selecionar as questões, elas foram agrupadas em períodos de cinco em cinco anos. E essa análise consistiu em detectar se havia a presença de pelo menos uma questão que atendesse aos critérios propostos no período, para evidenciar a regularidade e revelar a importância do tema para o ensino na educação básica (Anexo 1).

Os períodos agrupados foram:

Grupo 1- Questões do ENEM 2009 a 2013

Grupo 2- Questões do ENEM 2014 a 2018

Grupo 3- Questões do ENEM 2019 a 2023

3.4 - Aspectos éticos e/ou ambientais

Esse TCM foi elaborado de forma atenta e empática para as múltiplas realidades vividas pela pesquisadora/professora nas turmas do Ensino Médio, com potencial de tematização e interdisciplinaridade.

Todos os materiais indicados para as experimentações da Sequência Didática foram analisados com antecedência e obedeceram os critérios de: 1- Material com potencial para reciclagem ou reutilização, 2- Material de fácil acesso, 3- Material de baixo custo, 4- Material de fácil manuseio, 5- Material sem risco de contaminação por ingestão. Os demais materiais produzidos (roteiro do aluno, cartas do jogo e mapa conceitual) estão adaptados para a faixa etária, com design, contextualização e linguagem científica adequada.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde a infância, as pessoas têm o conceito de que sem água não existe vida e que é importante para a saúde do corpo. Entretanto, o papel no metabolismo ainda é um tema frágil, pois a identificação de como ela atua nos sistemas biológicos, por exemplo: na transformação de moléculas (reagente ou produto), hidrólise, transporte, eliminação de excretas, regulação térmica, não está consolidada e/ou conectada. Os estudantes não conseguem identificar que a mesma molécula pode compor tantas faces imprescindíveis para a vida como conhecemos. Essa ideia integrada de um ciclo contínuo de uso e produção, ainda é ínfima, mas os currículos trazem e mobilizam para fazer isso acontecer de fato, embora a compartimentação em “caixinhas de matérias” dificulta esse processo.

Na abordagem investigativa, essa construção é mediada e instigada de diversas formas, respeitando o tempo necessário que o estudante precisa para percorrer cada etapa e apoiando a construção. Sabe-se que a BNCC e o novo Ensino Médio trazem a proposta de áreas do conhecimento nessa mesma linha, e pode-se integrar atividades sequenciais investigativas para a construção de uma sequência didática que promovam essa visão que abrange do macro ao micro. A intencionalidade investigativa reunida na sequência didática coloca o estudante como protagonista e conecta realmente o Currículo Comum, trazendo um sentido a tudo que foi estudado nos anos/séries anteriores.

4.1- Livro didático do programa nacional do livro didático (PNLD)

Em todos os livros analisados o tema água estava presente, e disposto em capítulos separados. Os capítulos que envolviam as características físico-químicas da água tinham aporte teórico para química, e os capítulos sobre ciclos biogeoquímicos com enfoque para biologia, mas com possibilidade de integração com a química. Os usos da água e crise hídrica com textos majoritariamente para biologia e a fotossíntese apareceu em capítulos específicos com pouca ou nenhuma frase que conecta os processos que a molécula faz na natureza até chegar ao processo fotossintético propriamente dito.

Nas categorias definidas para o trabalho: 1- conexão entre ciclo da água e natureza, 2- conexão entre as propriedades da molécula e o ciclo da água, e 3- conexão entre o ciclo da água e a fotossíntese, foi observado:

Em todas as coleções analisadas foi apresentada a conexão entre o ciclo da água e a natureza de forma explícita e/ou implícita, sendo uma informação que possibilitou a inserção da temática com fluidez e de maneira pontual usando a arte durante a primeira parte da SDI, com as fotografias e a música (Apêndice 1).

Em seis coleções de livros do PNLD de Ciências da Natureza da editora Moderna (Conexões: Ciências da Natureza e suas tecnologias, Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas tecnologias); da editora Scipione (Matéria, energia e vida: O mundo atual- Questões Sociocientíficas, Matéria, energia e vida: Materiais e energia - Transformações e conservação, Matéria Energia e Vida: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade) e editora SM (Ser protagonista) foi observada de forma explícita e/ou implícita a conexão entre as propriedades da molécula e o ciclo da água, sendo um ponto necessário para construção da SDI e o diálogo com os conceitos de química articulados durante a etapa 2 da SDI (Apêndice 1).

Já a conexão entre o ciclo da água e a fotossíntese foi observado de forma implícita em duas coleções. Esse dado aumentou a necessidade da construção da SDI para que os estudantes possam ter essa percepção clara e atuar de forma consciente com protagonismo cidadão.

4.2 - Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM)

Todas as questões do ENEM da área de Ciências da Natureza do período de 2009 a 2023 foram analisadas para identificar como o tema água foi abordado. Para facilitar o processo, criou-se três categorias básicas que estão descritas abaixo:

- 1- Conexão explícita entre a molécula da água e o processo fotossintético.
- 2 - Conexão implícita entre água e o processo fotossintético.
- 3 - Abordagem da água em contexto diverso.

Ao agrupar as questões em períodos de cinco em cinco anos observou-se que temos de 2 a 4 questões que obedecem os critérios propostos em cada período. Como exemplo, temos as questões das Figuras 2, 3 e 4 que compreendem dois períodos (Grupo 1 de 2009 a 2013 e Grupo 2 de 2014 a 2018), revelando regularidade em relação ao tema e sua conexão, reforçando a importância do tema para o ensino na educação básica e a necessidade de instrumentalizar as aulas para mobilizar esses conhecimentos. Sendo assim, a SDI tem seu objetivo construído de forma sólida e em consonância com as necessidades do estudante para o ensino médio.

Considerando os critérios, tem-se um exemplo de questão para cada um:

1- Conexão explícita entre a molécula da água e o processo fotossintético.

QUESTÃO 46

A figura ilustra o movimento da seiva xilêmica em uma planta.

Mesmo que essa planta viesse a sofrer ação contínua do vento e sua copa crescesse voltada para baixo, essa seiva continuaria naturalmente seu percurso.

O que garante o transporte dessa seiva é a

- ☐ A gutação.
- ☐ B gravidade.
- ☐ C respiração.
- ☐ D fotossíntese.
- ☐ E transpiração.

CORREIA, S. Teoria da tensão-coesão-adesão. Revista de Ciência Elementar, n. 1, 2014 (adaptado).

Figura 2 - Exemplo de questão do ENEM 2016 (BRASIL, 2000).

2 - Conexão implícita entre água e o processo fotossintético.

Questão 71

Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido a sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/l a 20°C) a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O_2 em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

BAIRD, C. Química Ambiental. Ed. Bookman, 2005 (adaptado).

Dados: Massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16. Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH_2O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água; em quanto a DBO será aumentada?

- ☐ A 0,4 mg de O_2 /litro
- ☐ B 1,7 mg de O_2 / litro
- ☐ C 2,7 mg de O_2 / litro
- ☐ D 9,4 mg de O_2 / litro
- ☐ E 10,7 mg de O_2 / litro

Figura 3 - Exemplo de questão do ENEM 2010 (BRASIL, 2000).

3 - Abordagem da água em contexto diverso.

Questão 59

A lavoura arrozeira na planície costeira da região sul do Brasil comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, que ocasiona prejuízos diretos, como a redução de produção da lavoura. Solos com processo de salinização avançado não são indicados, por exemplo, para o cultivo de arroz. As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo.

WINKEL, H.L.; TSCHEDL, M. Cultura do arroz: salinização de solos em cultivos de arroz. Disponível em: <http://diagrapage.ripod.com/vs/nrca.htm>. Acesso em: 25 jun. 2010 [adaptado].

A presença de sais na solução do solo faz com que seja dificultada a absorção de água pelas plantas, o que provoca o fenômeno conhecido por seca fisiológica, caracterizado pelo(a)

- Ⓐ aumento da salinidade, em que a água do solo atinge uma concentração de sais maior que a das células das raízes das plantas, impedindo, assim, que a água seja absorvida.
- Ⓑ aumento da salinidade, em que o solo atinge um nível muito baixo de água, e as plantas não têm força de sucção para absorver a água.
- Ⓒ diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas não têm força de sucção, fazendo com que a água não seja absorvida.
- Ⓓ aumento da salinidade, que atinge um nível em que as plantas têm muita sudação, não tendo força de sucção para superá-la.
- Ⓔ diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas ficam túrgidas e não têm força de sudação para superá-la.

Figura 4 - Exemplo de questão do ENEM 2010 (BRASIL, 2000).

As análises do livro didático e das questões do ENEM não constam como objetivos do trabalho, mas foram cruciais para iniciar e fortalecer a construção desta SDI. Para levar o estudante a pensar sobre as moléculas do seu dia a dia e onde atuam, tendo a molécula da água como exemplo para a construção de outras conexões, e subsidiar a prática docente interdisciplinar e contextualizada.

4.3-Sequência Didática Investigativa (SDI)

A proposta de construção de uma sequência didática desenvolvida durante o período do mestrado profissional reúne os preceitos investigativos, com o objetivo de articular conceitos acerca da molécula da água. Essa SDI envolve conceitos abordados desde os anos iniciais do ensino fundamental como é o caso do ciclo da água até a identificação das propriedades físico químicas, e como isso contribui para o processo fotossintético e consequentemente para a produção de oxigênio e energia necessária para a manutenção da vida na Terra que exige conexão e aprofundamento dos estudantes do ensino médio.

A sequência foi desenvolvida para 5 (cinco) aulas de 50 (cinquenta) minutos, contendo 4 (quatro) partes que devem ser seguidas de forma linear para construção do conhecimento,

começando com uma atividade mobilizadora para o problema a ser resolvido. A elaboração de hipóteses é solicitada no início, e revisitada em alguns pontos da sequência, para que os estudantes possam acrescentar os conceitos desenvolvidos e as novas conexões da molécula da água. É importante ressaltar que, a sequência não é uma proposta fechada e pode ser adaptada para a realidade da comunidade escolar, fazendo com o processo de construção do conhecimento seja de fato a força motriz do ensino. E tanto aluno quanto professor, estão envolvidos neste processo e podem trazer alterações e diálogos produtivos.

4.3.1 – Etapa 1

Na parte 1: Água da molécula da vida! O grau de liberdade é moderado (3-4), e os estudantes são apresentados à proposta por meio da linguagem artística da música e das obras fotográficas e partem para observação para conexão do Ciclo da Água. Os materiais escolhidos estão disponíveis de forma digital ou podem ser impressos para apreciação, assim como a música pode ser cantada a partir de sua letra se não houver equipamento sonoro.

O início com a sensibilização foi intencional para engajar e evidenciar de forma concreta e interligada o ciclo da água, em consonância com a BNCC (BRASIL, 2018) que descreve:

Para fortalecer a aprendizagem o aluno precisa estabelecer relações entre o seu mundo, sendo os seus conhecimentos prévios a base para a aprendizagem que signifique o conteúdo (BRASIL, 2018).

Esse trajeto da água, parte da percepção sistêmica proposta por Bacci & Pataca (2008) e revela a importância, iniciando um movimento disruptivo que descaracteriza a água como um simples produto de consumo, revelando sua função mantenedora das formas de vida conhecidas no planeta. Para marcar de forma leve, as obras artísticas (imagem da reserva da Biosfera Anavilhanas e fotografia intitulada Amazônia do artista Sebastião Salgado) tornam o diálogo fluido e conectado ao ciclo hidrológico que é um conhecimento que os estudantes já trazem de forma mais sedimentada e que servirá de incentivo para o engajamento necessário logo de início.

Com a inserção da notícia intitulada Rios voadores (Anexo 2), a discussão sobre o impacto dos rios voadores em outros locais, a formulação das hipóteses iniciais foi inserida de maneira incisiva, tirando a leveza inicial e deixando a parte do macro de forma ainda concreta, mas com uma análise aprofundada da integração dos fenômenos e como a água se comporta

diante disso tudo. Zompero e Laburú (2016) trazem que a abordagem investigativa reorganiza as ideias para construção de significados mais coesos, gerando aprendizagem significativa, e seguindo esse preceito a notícia deve ser lida na íntegra somente após o estudante formular suas hipóteses, para novos conceitos sejam agregados aquilo que ele formulou. Acrescenta-se ainda, a possibilidade de exibição do documentário: Os rios voadores da Amazônia-sem floresta não tem água (26 minutos) de Bettina Ehrhardt disponível em <https://vimeo.com/279543288?&signup=true> Acesso em 20 de abril de 2024.

Na parte 2: Água da molécula da vida! o grau é moderado (3), exigindo a elaboração da Hipótese Inicial (HI) em grupo através de problematização com a notícia e discussão que pode gerar a transposição para os impactos da água no ambiente e nos sistemas biológicos, além de suscitar olhar atento para o caminho que ela percorre para cumprir sua função. A notícia pode ser exibida de forma digital, impressa ou oral possibilitando o acesso fácil.

4.3.2 – Etapa 2

Na parte 1: Uma molécula quimicamente perfeita! o grau de liberdade é moderado para alto (4), pois os grupos precisam analisar e construir a experimentação usando os conhecimentos prévios junto com as vivências observadas em seu dia a dia. Ao final são convidados a sistematizar as propriedades da água (coesão, capilaridade, densidade e estados físicos da matéria). Os materiais que compõem a proposta são simples e podem ser encontrados em supermercados e lojas de conveniência, tendo sua observação como o ponto crucial para a análise e reflexão.

A proposta da experimentação de cromatografia (a subida das cores) vem como um ponto mais flexível na construção desses conceitos, pois os estudantes são convidados a montar o método que será utilizado e testá-lo com a mediação do professor, assim o grupo de alunos se torna parte pensante do processo interativo. Carvalho (2012) observa que se os estudantes compõem a mesma zona de desenvolvimento real, o entendimento é facilitado, o que aumenta potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas.

Na parte 2: Uma molécula quimicamente perfeita! o grau de liberdade é moderado (3), pois é fornecido o Mapa Conceitual 1 com o ciclo da água como ponto inicial e metade de uma planta como ponto final, mas sem a quantidade de passos necessários para o preenchimento das lacunas de conceitos que foram mobilizados até o momento. O Mapa Conceitual 1 pode ser

impresso junto com o roteiro, ou ser disponibilizado para que os estudantes façam a sua releitura do esquema proposto, sem interferir na qualidade do processo para aplicação desta SDI.

4.3.3 – Etapa 3

Na parte 1: Água no mundo micro o grau de liberdade é baixo para moderado (2-3), visto que é uma experimentação fechada para garantir que todos os grupos consigam os mesmos resultados e observem os reagentes e produtos da fotossíntese, mas na identificação do caminho da água até as folhas o grau aumenta.

Nesse processo é necessário que os estudantes façam a conexão do ciclo, suas propriedades e do processo que está acontecendo no momento. Aqui temos a experimentação com alguns materiais que podem apresentar as maiores dificuldades, como por exemplo a planta aquática *Elodea*, que pode ser substituída por outra planta, mas o bicarbonato de sódio é facilmente encontrado em supermercados e pode ser substituído por fermento químico em pó.

O grau de liberdade cresce (3 - 4) durante a parte 2 - A jornada da água na fotossíntese: com o jogo didático cooperativo que é feito por cartas que contem os átomos das moléculas envolvidas, as informações dos processos da fotossíntese e situações ambientais que impactam nesse caminho da água. O jogo necessita que os estudantes façam a análise das cartas para montar a sequência correta utilizando a pesquisa no livro didático e a parcimônia para indicar a sequência de cartas. Há possibilidade de elevar o grau de liberdade se as cartas de intervenção em branco forem produzidas, com possíveis ações para mitigar os impactos antrópicos observados durante o jogo e até mesmo na realidade da unidade escolar.

O jogador mestre tem a possibilidade de pesquisar informações e ter uma reflexão maior sobre o processo, mesmo sem juntar a sequência de cartas, pois é ele que definirá se o grupo conseguiu cumprir o objetivo, revelar os reagentes e produtos da fotossíntese e anotar as dúvidas para o debate pós jogo. As cartas do jogo precisam ser impressas, e a sugestão da impressão colorida é válida, visto que as cores diferentes indicam categorias diferentes de cartas (átomos, processos e ações) assim como a plastificação, para aumentar a durabilidade das cartas na unidade escolar.

A proposta da água no mundo micro não foi pensada desta forma desde o início, pois havia um bloqueio para construção de uma atividade que levasse o estudante em uma viagem molecular, agora não mais com a água que ele vê em seu dia a dia, mas na molécula e átomos,

sendo assim a possibilidade de produção de um jogo didático que fugisse dessa realidade e trouxesse o lúdico aliado ao conceito molecular veio como uma possibilidade. Visto que, enfrentamos dois desafios potentes: a inserção do conceito de fotossíntese e a realidade das aulas e dos livros didáticos compartimentalizados.

Para a inserção da fotossíntese, Trazzi & Oliveira (2016) evidenciaram que é um conceito com alto grau de generalidade, que pode resultar em concepções distorcidas e algumas vezes desconectada com a função biológica do processo, o que coloca a fotossíntese como uma sequência de etapas para gerar oxigênio e nada mais. Já para a realidade das aulas e dos livros didáticos compartimentalizados, Soares & Silva (2020) discutem que essa divisão dificulta a interdisciplinaridade necessária para mobilizar os conceitos e o mundo em que vivem.

A implementação do jogo didático cooperativo pode enfrentar desafios que podem impactar sua eficácia e aceitação. Barros *et al.* (2016) elencou: a falta de formação adequada (gera implementação superficial, sem intencionalidade clara), gestão de tempo para aplicação e possíveis desdobramentos, diversidade de estilos de aprendizagem, adaptação ao currículo e cronograma da escola e avaliação do aprendizado construído de forma colaborativa ao longo do jogo. Superar esses desafios é crucial para maximizar o potencial dos jogos didáticos cooperativos como ferramentas e estratégias educativas de sucesso.

4.3.4 – Etapa 4

Na parte 1: Uma jornada sem fim! o grau de liberdade para produção do Mapa Conceitual 2 é moderado para alto (3-4), pois vai conectar os conceitos do mapa da etapa 2 com o final do processo, inserindo a fotossíntese. Assim como o Mapa Conceitual 1, este pode ser produzido de forma impressa ou desenhado pelo próprio estudante.

O processo de abstração necessário para a produção do mapa conceitual, o coloca como um instrumento como que evidencia a aprendizagem conceitual e proposicional em relação à matéria de ensino, desde que os conceitos venham de situações de aprendizagem e da relação das características específicas, potencialmente significativas. (SILVEIRA & MENDONÇA, 2016).

E finaliza na parte 2: Uma jornada sem fim! tendo grau de liberdade de moderado para alto (3-4) pois neste momento os estudantes estarão no diálogo e compartilhamento das impressões

de todas as fases da Jornada. O professor tem a missão de incluir todos os participantes de forma igualitária.

A proposta desta SDI trouxe o caminho da água por perspectivas diversas, atentando-se ao título do macro ao micro. E esse micro foi uma parte desafiadora, pois envolve transformações bioquímicas de moléculas e até mesmo átomos que exige grande abstração e transposição dos estudantes.

É possível criar momentos na escola onde possa discutir sobre o contexto da própria comunidade, e impulsionar os alunos a se perceberem como agentes capazes de construir, de modo coletivo, uma sociedade mais justa, inclusiva e sustentável. Através da reunião de diferentes metodologias e estratégias de ensino, pode-se articular a análise crítica e a construção de argumentos científicos, contribuindo para que o conhecimento sobre a água se tornasse um eixo integrador de conteúdos diversos no contexto do novo ensino médio.

A utilização de diferentes metodologias, aliadas à proposta integradora dos conteúdos relacionados à água, colocará os estudantes em um papel ativo em seu processo de aprendizagem. A utilização de atividades práticas e investigativas não apenas foi inserida para melhorar a compreensão dos conceitos teóricos, mas também para incentivar os estudantes a se tornarem protagonistas em suas ações e atividades. Essa abordagem visa um ambiente de aprendizado mais dinâmico e colaborativo, onde os estudantes são estimulados e motivados a explorar e questionar.

A inserção da arte como elemento sensibilizador na proposta de conexão entre água, natureza e fotossíntese deixou a sequência didática mais próxima aos conhecimentos básicos que são trazidos dos anos anteriores. As atividades artísticas proporcionaram uma nova dimensão ao aprendizado, permitindo que os estudantes expressassem suas percepções sobre os temas abordados e estabelecessem conexões emocionais com o conteúdo. Essa abordagem interdisciplinar pode contribuir para uma compreensão mais profunda e significativa da importância da água nos processos biológicos.

O desenvolvimento de atividades investigativas utilizando diferentes linguagens é fundamental para engajar os estudantes e possibilitar o diálogo entre pares. As discussões em grupo e as trocas de ideias não apenas enriqueceram o processo de aprendizagem, mas também promoveram habilidades sociais essenciais, como a empatia e a colaboração. Os alunos podem

exercitar a capacidade crítica ao discutir os impactos das atividades humanas sobre o ciclo da água e sua relação com a fotossíntese.

A inserção de experimentos investigativos pode levar os estudantes a observar diretamente as propriedades da molécula de água em seu ciclo biogeoquímico e facilitar a conexão com a fotossíntese. Essas experiências concretas são cruciais para a articulação dos conceitos teóricos oriundos da química, facilitando a compreensão das interações entre os processos estudados. A fim de, aumentar a curiosidade científica e a capacidade de formular hipóteses baseadas nas observações realizadas.

A elaboração do jogo didático foi uma estratégia inovadora para reconhecer a molécula de água no ciclo hídrico como ponto de partida para a fotossíntese. O uso dessa atividade lúdica visa tornar o aprendizado mais envolvente, e permitir a visualização das transformações da molécula durante o processo fotossintético, se mostrando como ferramenta eficaz para reforçar o conhecimento adquirido e promover uma aprendizagem significativa.

5.0 CONCLUSÃO

A escolha por uma abordagem investigativa para conectar a água desde seu ciclo biogeoquímico até o metabolismo vegetal fotossintético, com atividades de investigação, experimentação, debate, cooperação e registro crítico para a sala de aula, sem dúvida, visa a construção de uma aprendizagem significativa para os estudantes.

A construção do roteiro de aula, da abordagem investigativa, imagens, textos, situações do mundo real, do respeito aos saberes prévios, do trabalho em equipe, das discussões, pesquisas, da valorização à participação, a comunicação das construções, tudo foi pensando para desenvolver o protagonismo e o trabalho investigativo e experimental dos estudantes.

A análise prévia dos livros didáticos que estão disponíveis nas unidades escolares e fazem parte do PNLD, trouxe contribuições para compreender como preencher lacunas e a necessidade de fazer conexões. Essas conexões, em alguns casos não estão explícitas no decorrer dos capítulos destinados do estudo do tema, aliando-se a isso temos o uso de imagens, esquemas, tabelas, fotografias com a contextualização ao mundo real. Acrescenta-se a observação das questões do ENEM e como a conexão da água é solicitada, tendo uma análise superficial, mas que demonstra ser importante para a construção de novas sequências didáticas investigativas. Essa metodologia precisa de refinamento e validação, então vê-se a necessidade de debruçar-se para deixar o método mais robusto e aplicável em contextos similares.

Com a construção da SDI foi possível inserir atividades para promover o desenvolvimento de diversas habilidades nos estudantes, visto a utilização de leitura e construção de respostas e textos curtos, pesquisa, observação e interpretação de dados experimentais, cooperação e colaboração, respeito a diversidade de opiniões e entendimentos, dentre outros. Fortalecendo os conhecimentos em Língua Portuguesa, Geografia, e nas Ciências da Natureza, com destaque para Química e Biologia.

Ao educar de forma contextualizada e sistemática, o professor e a comunidade escolar podem contribuir para a formação de cidadãos críticos, capazes de atuar, favoravelmente, na melhoria na aprendizagem dos estudantes. Sendo, dessa forma, um campo aberto à pesquisa e à replicação da presente sequência de atividades.

A utilização de sequências didáticas investigativas qualifica, portanto, a prática docente no ensino de Biologia. Mais que isso, possibilita ao professor retirar-se da rotina de atividades

expositivas, tão cansativas para todos os participantes, modificando e incluindo novas tecnologias ao trabalho.

Sabendo disso, o presente trabalho pode ser um instrumento facilitador do processo de ensino e aprendizagem, que usa a investigação para aumentar o engajamento e consequentemente o desempenho cognitivo estudantil. Essa pesquisa evidencia a importância de abordagens pedagógicas inovadoras que promovam uma educação contextualizada e crítica, preparando os estudantes para enfrentar desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e à preservação ambiental.

Algumas limitações foram observadas:

- 1- O conhecimento químico da molécula.
- 2- A observação do território que a escola está inserida para propor abordagens e diálogos com outras disciplinas.
- 3- A necessidade da impressão dos materiais para uso, adequação do material para turmas numerosas e para estudantes que não se sentem confortáveis na realização de atividades em grupo.
- 4- A análise dos livros do PNLD de forma pontual e com poucos exemplares.

Assim, as perspectivas futuras são:

- 1- Publicar o produto educacional com opção do formato virtual.
- 2- Acompanhar as contribuições dos professores que aplicarem em suas respectivas turmas, para identificar possíveis melhorias no material, e para viabilizar o diálogo com outros profissionais que atuam na educação básica do Brasil.
- 3- Explorar essa dinâmica do macro ao micro com a molécula da água em outros processos bioquímicos (transporte e absorção de nutrientes, eliminação de toxinas, regulação da temperatura corporal, etc) para expandir a proposta da sequência didática, partindo sempre do ciclo da água e passando pelo contexto ambiental até chegar ao processo final.
- 4- Aprofundar o contexto ambiental frente as mudanças climáticas e "crise hídrica" em regiões de seca ou chuva extrema, pois a contextualização do tema vem ao encontro com a atualidade.
- 5- Adaptação para os estudantes que são público da educação especial e tem direito a atividades adaptadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, A. & TATIT, P. A água Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZqyNUESL_yU. Acesso em 05 de agosto de 2024.
- BACCI, D. C.; PATACA, E.M. Educação para a água. Estudos Avançados, v.63, n.22, p.211-226, 2008.
- BARROS, M.G. F. B. e; MIRANDA, J. C.; COSTA, R. C.. Uso de jogos didáticos no processo ensino-aprendizagem. Revista Educação Pública, v. 19, nº 23, 1 de outubro de 2019. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/19/23/uso-de-jogos-didaticos-no-processo-ensino-aprendizagem>. Acesso em 22 de jan 2025.
- BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. Estudos Avançados, v. 32, n. 94, p. 97–110, dez. 2018.
- BAUER, M. & GASKELL, G. Pesquisa Qualitativa com texto imagem e som. Um manual prático. Editora: Vozes. 7ª edição, 2008.
- BRAGA, B. *et al.* (Orgs.). Introdução à Engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM: documento básico. Brasília: INEP, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 23 ago 2023.
- BRASIL. LDB : Lei de diretrizes e bases da educação nacional. – Brasília : Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/529732/lei_de_diretrizes_e_bases_1ed.pdf. Acesso em 23 ago 2023.
- CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. Universidade Estadual Paulista. Caderno dos núcleos de ensino, 2003.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 1-20.
- CARVALHO, A. M. P. DE. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

EHRHARDT, B. Os rios voadores da Amazônia-sem floresta não tem água (26 minutos) disponível em <https://vimeo.com/279543288?&signup=true> Acesso em 05 de agosto de 2024.

FELIX, Anavilhanas – Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade e Reserva da Biosfera (UNESCO) Disponível em: <https://revistasagarana.com.br/natureza-como-obra-prima/>. Acesso em 05 de agosto de 2024.

FUNBIO. Rios Voadores. Disponível em: <https://www.funbio.org.br/rios-voadores/> Acesso em 05 de ago de 2014.

KAWASAKI, C. S. Nutrição vegetal: um verdadeiro campo de estudos para a educação científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 1., 1987, Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia, 1987.

KELLY, G. J., & LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. In: M. MATTHEWS (ed.). History, Philosophy and Science Teaching, p. 139-165, Springer, 2018.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Editora Perspectiva, 2020.

LONGINO, H. E. The fate of knowledge. Princeton: Princeton University Press, 2018.

LUMPE, A. T & STAYER, J. R. Peer Collaboration and Concept Development: Learning about photosynthesis. Journal of Research in Science Teaching, v. 32, nº 1, p. 71 – 98, 1995.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MEAULO, F. Vulnerabilidade natural à poluição dos recursos hídricos subterrâneos da área de Araraquara (SP). Rio Claro, 2004. 110p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003.

MINHOTO, M. A. P. Da disseminação da cultura de avaliação educacional: estudo sobre a institucionalização do ENEM. Poiésis, Tubarão, v. 1, n. 1, p. 68-85, 2008.

MOITA, F.M.G.S.C; VIANA, L.H. Teorias e práticas docentes no ensino de Ciências e Educação matemática. Curitiba: Editora CRV, 2022.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 115-138, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s07>.

MUNHOZ, D. R. M.; BATTAIOLA, A. L. HEEMANN, A. . Determinando a distinção entre cooperação e colaboração e a caracterização de jogos cooperativos e de jogos colaborativos.

SBC – Proceedings of SBGames, 2016 Disponível em: <<https://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157653.pdf>>. Acesso em: 23 feb. 2025.

OTALARA, A., P.; CARVALHO, L., M. O tema água nos livros didáticos de ciências da natureza, o cotidiano (global - local) e as questões ambientais. VI Encontro “Pesquisa em Educação Ambiental”. A pesquisa em educação ambiental e a pós-graduação no Brasil. Ribeirão Preto, 2011.

SALGADO, S. – Amazônia Disponível em: <https://www.sescsp.org.br/editorial/exposicao-amazonia-de-sebastiao-salgado-estreia-no-sesc-pompeia/> Acesso em 05 de agosto de 2024.

SALLA, HM; CALDEIRA, AM DE A. Conhecimento científico e conhecimento escolar: as dificuldades docentes na transposição didática. *Ciência e Natura*, v. e51, 2021.

SASSERON, L. H. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 25, n. 3, p. 563-567, 2019.

SCARPA, D, L; CAMPOS, N, F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25–42, 2018.

SILVA, J. P. DA; BARROS, J. M. Os jogos didáticos como estratégia de ensino. *Ciências em Foco*, v. 13, 9 set. 2020.

SILVEIRA, F. P. R. A.; MENDONÇA, C. A. S. A contribuição do mapa conceitual para o ensino de ciências: gênese, princípios, correntes e finalidades. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Concept Mapping*, v.2. Tallinn: Tallinn University. Estonia. 2016.

SILVA, R. Tema água: uma contribuição para o desenvolvimento de percepções, questionamentos e compromissos sociais. Brasília: UnB. 2016.

SOARES, J.R.; SILVA, J. A prática no ensino de botânica: o que dizem os principais congressos? *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* 11: 73-93, 2020.

SOARES, S. S. D.; NASCIMENTO, P. A. M. M. Evolução do desempenho cognitivo do Brasil de 2000 a 2009 face aos demais países. Brasília: IPEA, 2011.

SOUZA, P; ROCHA, M. A análise da linguagem de textos de divulgação científica em livros didáticos: contribuições para o ensino de Biologia. *Atlas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. São Paulo, v. 23, nº 2, p. 321-340, 2017.

TRAZZI, P. S.S. & OLIVEIRA, I.M. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de biologia. *Revista Ensaio*, v.18, nº 1, p. 85-106, 2016.

TRIVELATO, S.L.F. & TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. *Revista Ensaio* (Belo Horizonte), v.17 n.especial, p. 97-

114, 2015.

WANDERSEE, J. H. Ways Students Read Texts. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 25, nº 1, p. 69 – 84, 1988.

WAHEED, T.; LUCAS, A. M. Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14. *Journal of Biological Education*, New York, v. 26, n. 3, p. 193-199, 1992.

ZABALA, A.. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Penso, Artmed, 1998.

ZANCHET, B. M. B. A. O exame nacional do ensino médio – o ENEM uma auto-avaliação para quem? *Avaliação*, Campinas, v. 8, n. 3, p. 247-269, 2003.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a teoria da Aprendizagem Significativa. Curitiba: Appris, 2016.

APÊNDICE 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO/CAPES
INSTITUTO DE BIOLOGIA

Produto Educacional

O caminho da água do macro ao micro: Uma proposta investigativa para conectar saberes e moléculas na Fotossíntese.

Mestranda: Evelise Fátima Souza Cordeiro
profaevelise@gmail.com

Orientadora: Dr^a Luisa Andrea Ketzer
luisa.ketzer@caxias.ufrj.br

Rio de Janeiro

2025

APRESENTAÇÃO

Este material didático é parte integrante da dissertação de mestrado. Com base nas leituras e experiências vivenciadas ao longo do mestrado profissional, foi possível redefinir a proposta da Sequência Didática: O caminho da água do macro ao micro: Uma proposta investigativa para conectar saberes e moléculas na Fotossíntese, cujo foco principal é promover o engajamento dos estudantes nas atividades propostas através da articulação do ensino por investigação integrando conteúdos do novo ensino médio.

Todas as atividades descritas nesta Sequência Didática oferecem um referencial para que os professores tenham uma orientação ao longo da aplicação. Portanto, elas podem ser substituídas por outras atividades de acordo com a realidade docente. Acreditamos que este material possa contribuir para que as aulas de Biologia no Ensino Médio se tornem mais contextualizadas e investigativas ampliando a participação dos alunos. Na sequência, apresentamos o planejamento de toda a sequência didática, com objetivos das aulas, recursos didáticos e metodologias utilizadas.

Esperamos que as sugestões aqui apresentadas, possam servir de ponto de partida para que vocês, professor e professora de Biologia, superem seus próprios obstáculos.

Habilidades da BNCC: EM13CNT105 - EM13CNT202 - EM13CNT203

IMPORTANTE:

Para acessar o modelo completo da Sequência didática investigativa, acesse o link: https://www.canva.com/design/DAGfTGVh6GU/A2wxRBbRIvGCfZ5OksYxkw/edit?utm_content=DAGfTGVh6GU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton



SUMÁRIO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

Roteiro Investigativo etapa 1.....	51
Roteiro Investigativo etapa 2.....	57
Roteiro Investigativo etapa 3.....	62
Roteiro Investigativo etapa 4.....	64
Jogo didático cooperativo.....	67
Roteiro do aluno.....	71

Etapa 1: Água, a molécula da vida.

Conteúdos: Ciclo hidrológico e sua conexão com os processos para manutenção da vida no planeta

Objetivos: Identificar o ciclo biogeoquímico da água e os estados químicos da matéria e como esses estados afetam a vida na Terra.

Recursos materiais: Imagens projetadas ou impressas, perguntas investigativas, quadro de anotações ou lousa.

Tempo estimado: 1 aula (45 - 50 minutos)

Cada estudante deverá receber o material “roteiro do aluno” (impresso ou online) para explorar junto com as propostas abaixo e registrar todos os passos nos espaços destinados. Cada situação descrita abaixo, está inserida de maneira objetiva no documento do aluno para que o processo investigativo aconteça com autonomia.

Parte 1- Sensibilização.

1- Apresentar as duas imagens abaixo (Figuras 1 e 2) com representações do mesmo ecossistema "Floresta Amazônica".

Os estudantes devem ser estimulados a realizar uma observação detalhada dos materiais fornecidos, buscando o máximo de detalhes.

Esse momento de sensibilização é essencial para a inserção do estudante na problemática que será desenvolvida durante a sequência didática investigativa, e a mediação do professor torna esse processo mais efetivo e organizado.



Figura 1: Anavilhanas - Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade e Reserva da Biosfera (UNESCO). (Fonte: Felix, 2012).

Alguns questionamentos podem ser levantados sobre o **que observam/percebem sobre o ambiente, as plantas, os animais, e se eles identificam algo diferente em cada ecossistema.**



Figura 2: “Amazônia – Sebastião Salgado”.

Pode ser sugerido que reflitam sobre como a água aparece nas imagens: ela está presente? Em quais estados da matéria? Parece faltar algo? O que está acontecendo nas imagens? Você já viu essas imagens na vida real?

IMPORTANTE

Ao mesmo tempo, você professor, deve colocará a música “A Água”, de autoria de Paulo Tatit e Arnaldo Antunes e interpretada pelo grupo Palavra Cantada, que retrata de forma lúdica o caminho percorrido pela água em nosso planeta. A letra da música já consta no material do aluno, assim como as imagens.

	Da caixa d'água até a torneira
Música: A Água	Da torneira até o filtro
Composição de Arnaldo Antunes e Paulo Tatit	Do filtro até o copo
	Do copo até a boca
Interpretação: Palavra Cantada	Da boca até a bexiga
Da nuvem até o chão	Da bexiga até a privada
Do chão até o bueiro	Da privada até o cano
Do bueiro até o cano	Do cano até o rio
Do cano até o rio	Do rio até outro rio
Do rio até a cachoeira	Do outro rio até o mar
Da cachoeira até a represa	Do mar até outra nuvem
Da represa até a caixa d'água	

Após o momento de sensibilização, o professor anotará na lousa, as ideias apresentadas durante a reflexão guiada pelas questões abaixo. Essa etapa é construída de forma coletiva e deve respeitar o tempo de raciocínio dos alunos, com acolhimento das ideias e breve debate sobre as impressões das obras.

Os estudantes iniciarão o registro das percepções iniciais no caderno da matéria de forma individual, mas com o diálogo e mediação do professor para que o processo inicie

para todos e para garantir que todos sejam sensibilizados para a apresentação do problema.

Questões a serem levantadas:

Qual é a conexão das imagens com a música?

Espera-se que os estudantes relatem que as imagens são de uma floresta, um rio e as nuvens no céu mostram que a chuva está acontecendo e conseqüentemente o ciclo da água.

Se a música fosse apresentada sozinha, vocês saberiam que ela falava do ciclo da água?

Espera-se que os estudantes destaquem algumas palavras (por exemplo: nuvem, chão, mar, boca, bexiga) para evidenciar o ciclo da água sem a necessidade da conexão com as imagens apresentadas.

O que acham que aconteceria com as plantas e animais, se a água fosse escassa?

Espera-se que os estudantes descrevam que plantas e animais sofreriam conseqüências drásticas, pois a água é essencial para os processos biológicos. Colocando ainda que a fotossíntese seria comprometida, seca e morte da vegetação afetando a base de muitas cadeias alimentares, menos biodiversidade, redução de habitats, desidratação e morte dos seres vivos.

Por que algumas plantas conseguem viver com pouca água, enquanto outras não?

Espera-se que os estudantes tragam a ideia de que algumas plantas conseguem sobreviver em ambientes com pouca água devido a adaptações evolutivas que permitem economizar água e resistir à seca. Como por exemplo: estruturas de armazenamento de água, redução da área foliar, cutícula espessa, estômatos especializados e raízes extensas e profundas.

De acordo com a música, como é o trajeto da água em nosso planeta? Como acontece esse ciclo.

Espera-se que os estudantes se lembrem do ciclo da água que foi previamente abordado no ensino fundamental anos iniciais e finais de acordo com as habilidades descritas na BNCC e identifiquem que a música apresenta a água como algo essencial que passa por diversos estados e locais. Aparece em versos que retratam o movimento da água pelos rios, mares, nuvens e corpos. Exemplo de conexões com a letra da música: água evapora, formando nuvens

e voltando ao céu, ela chove , retornando à terra e aos rios, passa pelo mar , misturando-se e retornando aos oceanos e também nos seres vivos , fluindo pelos nossos corpos e nos mantendo vivos.

A percepção do ciclo da água na música coloca a importância da água como tema central e levanta questões que eles tentarão responder nas próximas etapas.

Parte 2 - Construção da hipótese inicial.

Os estudantes devem ser organizados em grupos (4-5 integrantes) para o desenvolvimento de todas as etapas da SDI, a partir de agora. Essa organização é importante para o debate das ideias para elaboração das hipóteses, testes, exploração, validação ou refutação das hipóteses, conclusão e reflexão final.

O professor incentivará a leitura da situação abaixo por cada estudante, com discussão nos grupos para formular a hipótese inicial no local indicado no roteiro do aluno, a partir da leitura do trecho da notícia. Somente ao final do processo a notícia é lida na íntegra de forma coletiva. Então é importante que a notícia seja distribuída somente ao final da problematização.

Problematização

Uma notícia publicada no site do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) afirma que:

Rios voadores

Cerca de 70% das chuvas que caem sobre outras regiões do Brasil têm influência da Floresta Amazônica.

FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE (FUNBIO). Rios voadores, 6 nov. 2018. Disponível em: <https://www.funbio.org.br/rios-voadores/>. Acesso em: 04 de ago de 2024.

O estudante em grupo fará a construção inicial usando a pergunta abaixo:

1- Como é possível a Floresta Amazônica influenciar, em cerca de 70%, o regime de chuvas do Brasil inteiro?

Espera-se que os estudantes identifiquem que as árvores da Amazônia absorvem água do solo e, ao realizar a transpiração, liberam grandes quantidades de vapor d'água para o ar. A vasta

extensão da floresta faz com que essa liberação de vapor seja em grande escala, criando uma enorme quantidade de umidade na atmosfera, conforme essa umidade se move para o interior do continente, parte dela cai na forma de chuva, alimentando rios e reservatórios de água. Esse ciclo continua com a umidade retornando para a atmosfera, realimentando o sistema e garantindo uma circulação contínua de água.

Assim, eles começarão a formular hipóteses que serão acrescidas de informações na descrição da situação, a seguir.

Com a hipótese formulada sobre a influência da Floresta no ciclo de chuvas do país, façam a leitura da situação, e aprimorem suas hipóteses na proposta que segue.

A Floresta Amazônica atua como um “coração verde”, que bombeia a umidade pelo ar em forma de "rios voadores" até várias regiões da América do Sul. Esses rios voadores são fluxos de vapor de água que ajudam a distribuir a umidade da floresta para áreas distantes. Assim o ciclo da água atua de forma exuberante no processo.

2- Como a água que evapora da Amazônia, formando os rios voadores, chega até as folhas das plantas para participar da fotossíntese e sustentar a vida na Terra? Qual o caminho que a água faz na natureza? A hipótese inicial pode ser escrita de várias formas, usem a criatividade para demonstrar suas ideias e explorar a conexão da água com os seres vivos.

Espera-se que os estudantes relacionem de forma simples que a Floresta Amazônica influencia o regime de chuvas de grande parte do Brasil, e até mesmo de outros países da América do Sul, por meio de um fenômeno chamado rios voadores. Esses "rios" são fluxos de vapor de água que a floresta libera para a atmosfera, movimentando umidade por grandes distâncias. Essa água que circula no ciclo da água evidenciado é absorvida pelas plantas chegando assim, nas folhas onde acontecerá a fotossíntese que produzirá oxigênio para sustentar o metabolismo vegetal e de outros seres vivos após sua liberação na atmosfera, acrescentando a produção da molécula energética para uso direto na própria planta e indireto por outros seres nas cadeias tróficas.

Professor, para que esse processo seja organizado e sistematizado, os estudantes apresentam suas respostas em formato de "relato de ideias" onde cada um registra um breve relato sobre como chegou às suas conclusões. Eles podem incluir observações, hipóteses e

reflexões sobre o processo investigativo, e não somente registrar suas respostas em cada pergunta.

Esse processo se desenvolve ao longo da Sequência Didática, e propicia a participação na oralidade dos estudantes que têm dificuldade no registro e organização das ideias, assim a sala de aula se transforma em um local inclusivo e acolhedor.

Nesse momento a notícia deve ser lida na íntegra com a turma. Algumas sugestões de estratégias para a condução dessa leitura: Leitura compartilhada com a turma inteira, a leitura individual com discussão posterior e a leitura compartilhada nos grupos.

A notícia acompanha o documentário que foi produzido e retrata como o processo acontece no local, você professor pode inserir a exibição do documentário: Os rios voadores da Amazônia-sem floresta não tem água (26 minutos) de Bettina Ehrhardt disponível em <https://vimeo.com/279543288?&signup=true> Acesso em 20 de abril de 2024.

Possibilidades de intervenção:

Se algum grupo/estudante propor alguma ideia que não tenha coerência com o ciclo da água, é importante argumentar pontualmente durante a aula sobre os motivos que os estudantes identificaram para que essa hipótese tenha sido construída, e se existem outros ciclos biogeoquímicos que também poderiam compor a resposta organizada. Por exemplo: o ciclo do oxigênio, se todos os seres vivos realmente usam o oxigênio? E como algumas bactérias podem sobreviver sem, e se isso seria suficiente para refutar a hipótese? No caso de citação de outros ciclos, como por exemplo do Carbono, Nitrogênio e Fósforo, pode-se utilizar o questionamento sobre a conexão desses ciclos com a vida na Terra, as imagens, a música e a situação apresentada sobre os rios voadores na Amazônia.

Após a construção da hipótese inicial e registro no roteiro do aluno é hora de começar a investigar as características da água que possibilitam e influenciam esse fenômeno complexo.

Etapa 2: Uma molécula quimicamente perfeita.

Conteúdos: Propriedades físico químicas da água.

Objetivos: Identificar as propriedades físico químicas da água (estados físicos, capilaridade, tensão superficial, coesão).

Recursos materiais: Copo/Becker com água, papel absorvente, régua, cronômetro, corante alimentício, tesoura, vídeo (indicado abaixo) e roteiro investigativo impresso ou digital.

Tempo estimado: 1 aula (45 à 50 minutos)

Os estudantes continuarão nos mesmos grupos, utilizando os Roteiros do aluno com as respostas anteriores, assim os conceitos serão condensados para aplicação do conhecimento ao final da SDI.

Parte 1: A subida das cores.

Materiais: Copos/beckeres para cada grupo, tiras de papel absorvente, régua, cronômetro, corante alimentício e água.

Método: Análise da pergunta investigativa pré observação do experimento, construção de cromatografia em papel absorvente utilizando um copo com água e corante em uma extremidade da tira de papel e um copo vazio na outra. Seguido das questões investigativas adicionais após a observação do experimento.

Antes de iniciar a experimentação os estudantes analisarão a pergunta provocadora que consta no roteiro do aluno:

1- Como a água consegue percorrer o caminho até as folhas? Pense em como as moléculas de água conseguiriam fazer isso e desenhe um esquema no local indicado.

Após registrarem suas hipóteses para a questão 1 no roteiro do aluno, cada grupo vai deixar 1 tira de papel-toalha (em forma de ponte) absorver a água com corante (cores diversas) de um copo ou becker para outro. Os estudantes farão a observação e o registro das alterações ao longo de 10 minutos na tabela indicada no roteiro do aluno. *É necessário que o experimento seja observado após 24 horas (mínimo) para finalização.*

Tempo de observação (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Final após 24 horas
Modificações do experimento										
Observações adicionais										

Após todo processo, pensem:

1- Quais alterações observadas durante o experimento estão ligadas ao caminho da água até as folhas?

Espera-se que os estudantes observem a separação das diferentes cores formando bandas coloridas em diferentes pontos ao longo do papel, nos tempos distintos. E que sintam a umidade do papel, e observem que a água carregou o corante ao longo das tiras de papel.

2- De que forma as modificações que vocês observaram podem explicar o processo que acontece para que a água suba até as folhas.

Espera-se que os estudantes identifiquem que a água sobe pelo papel carregando o corante, e nas plantas, a água sobe através dos vasos condutores (xilema), levando nutrientes até as folhas.

Professor, o texto de apoio a essa aula vai contribuir para que o estudante identifique que a água sobe pelo papel absorvente devido à capilaridade. Isso acontece porque as moléculas de água são atraídas pelas fibras do papel e umas pelas outras. De forma similar, nas plantas, as forças de coesão (atração entre moléculas de água) e adesão (atração entre moléculas de água e as paredes do xilema) fazem com que a água suba contra a gravidade nos vasos condutores, da raiz até as folhas. No experimento, o corante é transportado junto com a água, separando-se em várias cores ao longo do caminho. Nas plantas, a água carrega nutrientes do solo dissolvidos, que se distribuem pela planta. Esse transporte contínuo de água e nutrientes é essencial para o crescimento e a realização da fotossíntese nas folhas.

3- Lembrem-se dos rios voadores do começo dessa SDI, e como a água muda em seu ciclo para que isso aconteça. Agora estabeleça a relação entre o experimento 1 - A subida das cores e a razão para que esse fenômeno aconteça nesta região?

Importante:

Estudantes, é necessário que o experimento seja guardado por um período mínimo de 24 horas para a observação final e registro na tabela.

Esse processo é necessário para que o aluno possa evidenciar que a água evapora do papel. Assim, poderá desenvolver o raciocínio comparativo que nas plantas, a água evapora nas folhas através dos estômatos por transpiração, o que cria uma força de "sucção" que ajuda a puxar mais água para cima, contribuindo para o movimento contínuo da água até as folhas.

Professor, ao final desta aula (em sala ou como tarefa de casa) os estudantes farão a pesquisa nos livros didáticos disponíveis na unidade escolar através do Programa Nacional do Livro Didático disponibilizado pelo governo federal, com a seguinte instrução.

Para finalizar a primeira etapa da SDI precisamos pesquisar todos os conceitos que trabalhamos nessas aulas, para isso vocês precisam do livro didático disponível na escola. Nos livros vocês procurarão sobre os processos que acontecem no ciclo da água e as características físico químicas da água, registrando todos os conceitos no caderno para que todas as respostas construídas sejam revisitadas e se necessário modificadas de acordo com os conceitos específicos.

Professor, os temas solicitados nessa parte da SDI fizeram parte da análise desse objeto de estudo e ambos foram encontrados com facilidade em todos os livros disponíveis de forma digital e impressa do PNLD.

Essa pesquisa pode ser realizada de outras formas, como por exemplo em sites confiáveis. Recomenda-se o uso dos sites abaixo:

PROJETO RIOS VOADORES, 2013. Entendendo o ciclo hidrológico. Disponível em: https://riosvoadores.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2014/06/ciclo_hidrologico.pdf. Acesso em 10 de setembro de 2024.

PROJETO RIOS VOADORES, 2013. Disponível em: <https://riosvoadores.com.br/wp-content/uploads/sites/5/2013/05/diagrama.png>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

PROJETO RIOS VOADORES, 2013. Disponível em: [https://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/#prettyphoto\[post-65\]/0](https://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores/#prettyphoto[post-65]/0). Acesso em: 10 de setembro de 2024.

KHAN ACADEMY. Ciclo da água. Disponível em <https://pt.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water-cycle>. Acesso em 10 de setembro de 2024.

TED-ED, 04 de fevereiro de 2013. Como a polaridade faz a água comportar-se estranhamente. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ASLUY2U1M-8&t=141s>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

KHAN ACADEMY. Resumo: a água e a vida. Disponível em <https://pt.khanacademy.org/science/biology/intro-to-biology/x324d1dcc:water-and-life/a/hs-water-and-life-review#:~:text=Propriedades%20%C3%BAnicas%20da%20%C3%A1gua&text=As%20mol%C3%A9culas%20de%20%C3%A1gua%20s%C3%A3o,o%20hidrog%C3%AAnio%20para%20atrair%20el%C3%A9trons>. Acesso em 10 de setembro de 2024.

Parte 2: Conectando saberes e moléculas.

O aluno precisa retornar ao experimento 1- A subida da água que ficou por no mínimo 24 horas em local adequado para a evaporação da água restante, assim ele vai registrar e rever as respostas e continuar o roteiro do aluno, de acordo com a instrução abaixo:

Atenção estudantes, agora é o momento de vocês reverem o experimento 1- A subida das cores. Registre as observações finais na tabela e use a pesquisa para verificar se as respostas construídas no roteiro estão completas. Vocês podem inserir os conceitos pesquisados e até mesmo modificar a hipótese inicial que começou toda essa investigação.

Após esse processo de revisão das hipóteses e construção das primeiras conclusões usando a pesquisa orientada, cada grupo de estudantes produzirão um mapa conceitual. Esse mapa está disponível ao final da SDI e contém duas imagens (uma gota de água e uma representação de metade de uma planta) para orientar o processo, assim como a descrição abaixo. O mapa será utilizado como instrumento para organizar as hipóteses, ideias e conceitos desenvolvidos até o momento.

Vocês receberam a primeira parte do mapa conceitual contendo duas imagens. Agora precisam completar as informações sobre como o ciclo da água, os rios voadores da Amazônia e as características físico-químicas da água estão interligados até o processo de absorção de água pelas pela planta que está no final da folha.

Etapa 3: Água no mundo micro.

Parte 1: Observando a fotossíntese

Conteúdos: Transporte de água na planta; reagentes e produtos da fotossíntese.

Objetivos:

Identificar transporte de água na planta e os reagentes e produtos da fotossíntese; Inferir que a água sofre fotólise e gera o gás oxigênio; Reconhecer que a água usada na fotossíntese vem do ciclo da água na natureza.

Recursos materiais: roteiro do aluno impresso ou digital, lupa, caixa de sapato, lanterna, copo/becker/tubo de ensaio, bicarbonato de sódio, água e plantas aquáticas (como *Elodea*).

Tempo estimado: 1 aula (45 à 50 minutos)

Antes de iniciar a experimentação os estudantes analisarão a pergunta provocadora que consta no roteiro do aluno:

1- Observando os materiais disponíveis para a aula (lupa, lanterna, copo/becker/tubo de ensaio, bicarbonato de sódio, água e plantas aquáticas) qual o resultado esperado com o uso da lanterna e sem o uso?

Após registrarem suas hipóteses para a questão 1 no roteiro do aluno, cada grupo vai colocar as plantas aquáticas (1 a 2 ramos) em um recipiente (copo/becker/tubo de ensaio) com água e bicarbonato de sódio (1 colher de chá). Exponha a luz da lanterna por 10 minutos e registre na tabela. Construa um outro experimento idêntico, mas sem a exposição à luz da lanterna, mantendo dentro da caixa de sapato de preferência forrada para evitar a entrada de luz do ambiente externo.

Tempo de observação (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Final
Modificações do experimento										
Observações adicionais										

Após o procedimento, os estudantes farão a análise, utilizando as perguntas do roteiro do aluno:

1- Quais alterações observadas durante o experimento? Existe alguma ligação do que foi observado a molécula de água?

Espera-se que os estudantes identifiquem a formação crescente de bolhas de ar produzidas pelas folhas com a adição de bicarbonato de sódio e exposição à luz da lanterna. Eles podem inferir que essas bolhas de ar são compostas de oxigênio que está sendo produzido pela planta durante o processo de fotossíntese.

2- Qual o efeito da falta de luz no experimento?

Espera-se que os estudantes observem que na ausência de luz da lanterna a produção de bolhas de oxigênio é mínima ou nula, relacionando assim a luz como fator importante no processo fotossintético.

3- É de conhecimento geral que a água desempenha um papel fundamental para manutenção de cada forma de vida na Terra, e que está envolvida em diversos processos bioquímicos dentro e fora da unidade fundamental da vida, a célula. Como seria o resultado do teste sem a água?

Espera-se que os estudantes percebam que sem água, o experimento seria ineficaz, pois a planta não poderia produzir as bolhas de oxigênio e nenhum produto obtido ao longo do processo como por exemplo o ATP, NADPH e a glicose. A água é, portanto, essencial para todo o processo de fotossíntese, desde a fotólise até a geração de energia e a síntese de carboidratos.

As situações investigativas foram desenvolvidas para evidenciar a participação da molécula de água no metabolismo, tendo como principal a fotossíntese e o transporte hídrico vegetal para iniciar o processo. Os estudantes deverão reconhecer a fotossíntese como um dos processos mais importantes para a manutenção da vida no planeta. A energia luminosa,

acrescida a outros compostos inorgânicos absorvidos pelos vegetais produzem carboidratos que serão utilizados na geração de energia para os seres vivos.

Parte 2: A jornada da água na fotossíntese.

Conteúdos: A água na fotossíntese.

Objetivos:

Identificar que a água sofre fotólise e gera o gás oxigênio; Reconhecer as transformações bioquímicas sofridas pela água na fotossíntese.

Recursos materiais: roteiro do aluno impresso ou digital, jogo de cartas: A jornada da água na fotossíntese.

Tempo estimado: 1 aula (45 à 50 minutos)

Professor, essa atividade está no apêndice 2 Jogo didático – A jornada da fotossíntese: Uma aventura molecular, e os alunos continuarão nos mesmos grupos.

Etapas 4: Uma jornada sem fim!

Objetivos:

Evidenciar que a água usada na fotossíntese vem do ciclo da água na natureza.

Relacionar o ciclo da água com a manutenção da vida na Terra.

Recursos materiais: roteiro investigativo impresso ou digital, mapa conceitual parte 2.

Tempo estimado: 1 aula (45 à 50 minutos)

Etapas 1: Mapa conceitual

Os estudantes receberão o mapa conceitual parte 2 que conecta todas as etapas, e nesse momento eles podem rever os conceitos desenvolvidos, checar a construção das hipóteses de cada etapa e modificar se acharem necessário. Após isso, o professor irá articular um diálogo final com a proposta: "Como a água sustenta a vida na Terra? e "Por que a fotossíntese e o ciclo da água são essenciais para todos os seres vivos?".

Após esse processo de revisão das hipóteses e construção das primeiras conclusões usando a pesquisa orientada, cada grupo de estudantes produzirão um mapa conceitual. Esse mapa está disponível ao final da SDI e contém duas imagens (uma gota de água e uma representação de metade de uma planta) para orientar o processo, assim como a descrição abaixo. O mapa será utilizado como instrumento para organizar as hipóteses, ideias e conceitos desenvolvidos até o momento.

Vocês receberam a segunda parte do mapa conceitual contendo duas imagens. Agora precisam completar as informações sobre *Como a planta usa a molécula da água para sobreviver?* recortando e colando a primeira parte na outra metade da planta com folha para inserir os conceitos até chegar aos outros seres vivos no final.

Etapa 2: Discussão Final e impressões da jornada.

Depois disso, faremos a discussão usando a problematização: Como a água que evapora da Amazônia, formando os rios voadores, chega até as folhas das plantas para participar da fotossíntese e sustentar a vida na Terra? Qual o caminho que a água faz na natureza?

Estudantes, reflitam sobre o que vocês aprenderam e como se sentiram durante as atividades, lembrem-se de quais foram mais significativas e quais poderiam melhorar. Como esse conhecimento pode impactar suas ações no presente?

Professor, a apresentação e a produção dos mapas conceituais fecham o ciclo investigativo, mas outros debates podem surgir a partir da observação das ideias apresentadas. Sendo assim, a conexão da molécula da água é um tema potente para inserir e aprofundar conceitos que versão sobre os ciclos biogeoquímicos, as características físico químicas da água, os processos para obtenção de energia, a manutenção e dependência da água para a vida e como isso aconteceu ao longo da construção da vida como conhecemos entre outros que revelam o objetivo central de ampliar discussões críticas para conectar conceitos e atuar na sociedade de forma cidadã.

Avaliação Geral:

Sugere-se que durante essa sequência de aulas os estudantes sejam avaliados através da leitura do registro do Roteiro do aluno (deve ser recolhido pelo professor a cada aula), das

perguntas, solicitações de explicação, da interação com os participantes do grupo e de outros grupos e da apresentação do Mapa conceitual.

Cada atividade específica deve ser um ponto de checagem do desenvolvimento do processo de aprendizagem e cada possibilidade deve ser incluída no planejamento da aplicação das etapas seguintes.

O quadro de *emojis* (Apêndice 4) deve ser aplicado ao final de cada etapa para identificar a percepção e desenvolver a autoavaliação do estudante durante a construção do seu conhecimento prévio, engajamento, compreensão e protagonismo. É uma ferramenta simples e intuitiva, para que os estudantes identifiquem como estão se desenvolvendo e subsidiará a discussão final e um possível aprofundamento e/ou retomada.

Com a devolutiva dos(as) estudantes , o(a) professor(a) poderá repensar sua prática e adaptar novas estratégias para engajar os(as) estudantes .

Após a ETAPA 4 o(a) professor(a) realizará uma roda de conversa para avaliar todo processo. Sugere-se algumas perguntas para mediar a discussão, assim como a análise das respostas registradas no Quadro de Emojis para autoavaliação dos(as) estudantes (abaixo).

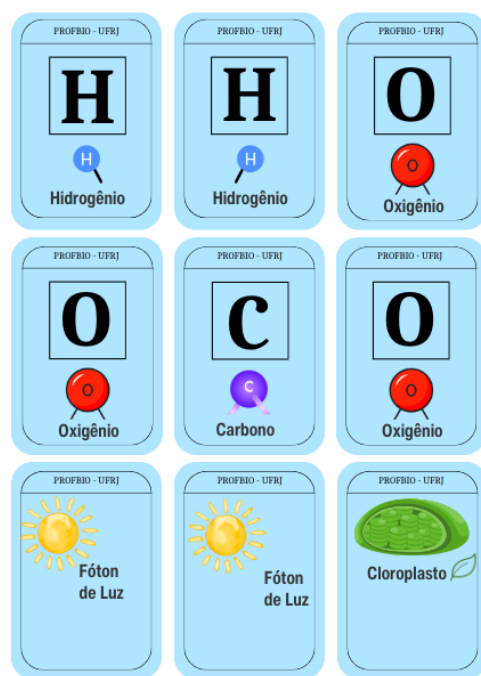
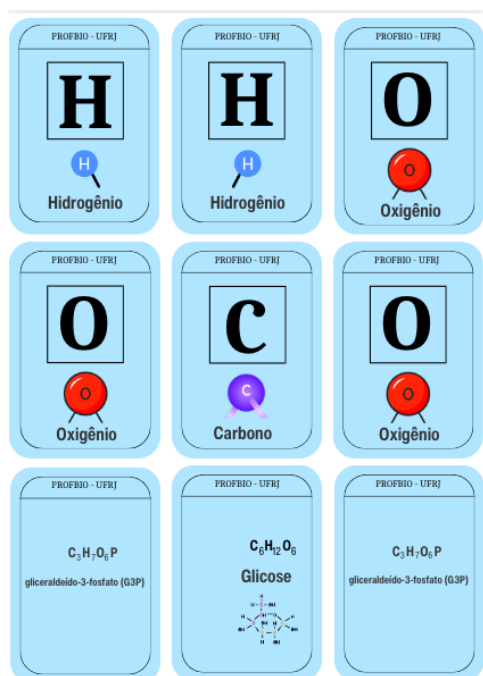
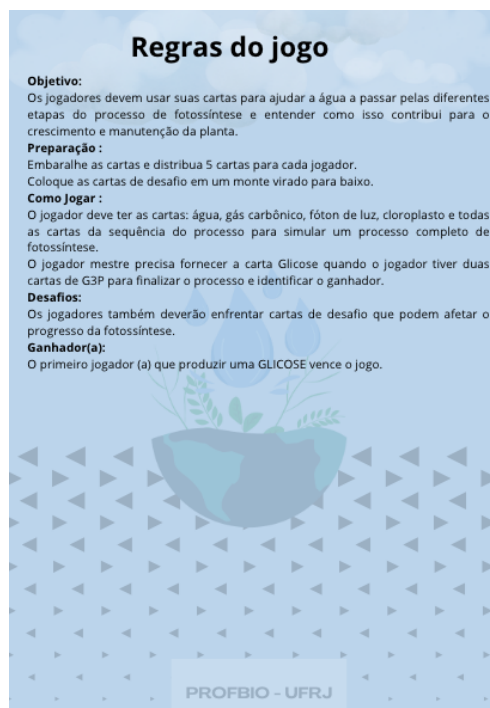
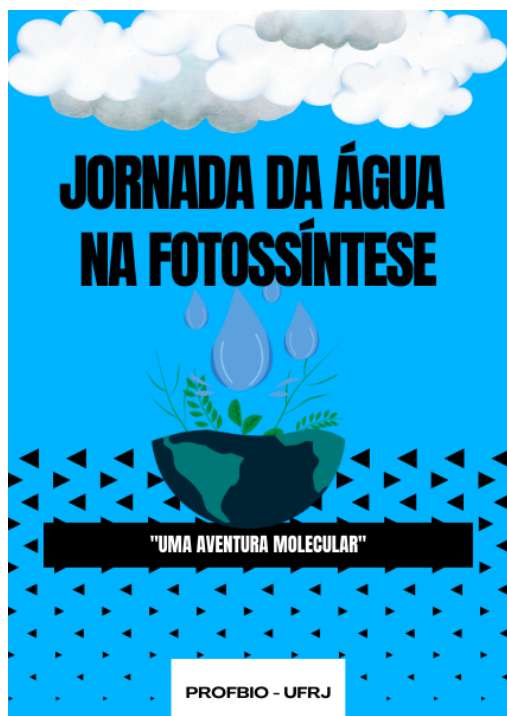
Sugestão de perguntas para finalização:

- Que coisas novas você aprendeu durante as aulas?
- Você acredita que o desempenho do seu grupo foi satisfatório? Pode melhorar? Como?
- Qual foi a atividade que você mais gostou? E a que menos gostou? Por que.
- Você percebe a conexão da molécula da água no seu dia a dia? Explique.
- Se pudesse resumir as últimas aulas em uma frase, qual seria?

APÊNDICE 2: Exemplo do Jogo didático: Jornada da água na fotossíntese “Uma aventura molecular”

Para acessar o jogo completo da Sequência didática investigativa, acesse o link: https://www.canva.com/design/DAGfTGVh6GU/A2wxRBbRlvGCfZ5OKsYxkw/edit?utm_content=DAGfTGVh6GU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Segue abaixo os modelos de cartas disponíveis no jogo produzido pela autora.



PROFBIO - UFRJ É simples! Duas moléculas de G3P formam uma molécula de GLICOSE. Então você precisa ter duas cartas G3P para finalizar o processo!	PROFBIO - UFRJ Pronto! Agora a fotossíntese está completa. A planta tem que usar a glicose para produzir energia para viver, usando parte do oxigênio no processo, e o restante devolve à atmosfera. Assim, todos os seres vivos se conectam e sobrevivem graças a esse processo tão maravilhoso.	PROFBIO - UFRJ O xilema atua sobre a água, formando uma pressão negativa (tensão) que movimenta a água a longa distância. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ O clima está seco e quente! A planta perde água rapidamente. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ A planta está sob estresse hídrico! A fotossíntese é ineficiente. PERDE 1 CARTA	PROFBIO - UFRJ Fungos afetam a planta. A absorção de nutrientes e água está prejudicada. COMPRE 1 CARTA
PROFBIO - UFRJ A temperatura aumentou! A fotossíntese pode acelerar, mas também pode causar estresse na planta. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ O dia está nublado! A produção de energia solar é reduzida. DESCARTE UM FÓTON DE LUZ	PROFBIO - UFRJ A poluição do ar aumentou! O dióxido de carbono é menos eficaz. FIQUE SEM JOGAR UMA RODADA.	PROFBIO - UFRJ Outras plantas estão competindo por luz e nutrientes. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ O solo está muito ácido, isso afeta a absorção de nutrientes. TROQUE UMA CARTA COM UM JOGADOR	PROFBIO - UFRJ A planta é jovem, sua capacidade fotossintética é baixa, pois as folhas ainda não estão completamente desenvolvidas. FIQUE SEM JOGAR UMA RODADA
PROFBIO - UFRJ Chuva intensa! A planta pode apodrecer. O excesso de água preenche os espaços entre as partículas do solo e empurra o oxigênio para fora, diminuindo a quantidade de oxigênio disponível para as raízes das plantas. COMPRE 4 CARTAS	PROFBIO - UFRJ Nível de dióxido de carbono aumentado! As plantas podem crescer mais rápido. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ O solo está contaminado, as raízes absorvem menos água. TROQUE DUAS 2 CARTAS COM UM JOGADOR	PROFBIO - UFRJ As folhas estão envelhecendo, a capacidade fotossintética torna-se nula. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ O dia está com temperatura acima de 35° C, os estômatos aumentaram a perda de água através da transpiração. COMPRE 2 CARTAS	PROFBIO - UFRJ A glicose é convertida em outras moléculas de substâncias ricas em energia, que ficarão armazenadas nas sementes e frutos TROQUE UMA CARTA COM UM JOGADOR

PROFBIO - UFRJ Agora que já temos a Água, os fótons de luz, os pigmentos (clorofila e carotenóides), o gás carbônico podemos começa.	PROFBIO - UFRJ A água é absorvida pela vegetal, em algumas plantas pelas raízes, passando pelos vasos condutores (xilema) até as folhas; em outras de célula a célula em um processo mais lento, porém eficaz. Já o gás carbônico é capturado pela abertura dos estômatos na folha. Mas e os fótons de luz?	PROFBIO - UFRJ Eles chegam com toda sua energia luminosa no Fotossistema II e vão passando de pigmento para pigmento, até que os elétrons são ejetados pelas clorofilas P680 até chegar a moléculas receptoras de elétrons. As clorofilas P680 precisam repor esses elétrons. Então a água entra na história!
PROFBIO - UFRJ A água é quebrada pelo fóton de luz em Hidrogênio e Oxigênio ! A cada 2 moléculas de água que são quebradas, o oxigênio é liberado pelos estômatos. Os hidrogênios que sobram do processo, são usados pelas clorofilas P680 e para redução do NADPH. Mas como os elétrons dos hidrogênios passam pela P680?	PROFBIO - UFRJ Os elétrons dos Hidrogênios são repassados pelas clorofilas P680 do fotossistema II que perdem elétrons e caminham por uma cadeia de transporte de elétrons até chegar às clorofilas P700 do fotossistema I. O que acontece lá?	PROFBIO - UFRJ No fotossistema I os elétrons percorrem os transportadores para reduzir NADP a NADPH, que será usado no Ciclo de Calvin-Benson. Para continuar você precisa colocar uma carta H junto com uma carta NADP.
PROFBIO - UFRJ Parabéns! Agora o NADPH está formado. Você precisa continuar o processo para saber o que acontece com os prótons H.	PROFBIO - UFRJ Os prótons H acumulam e geram uma diferença de potencial eletroquímico que finaliza gerando ATP, que será usado no Ciclo de Calvin-Benson. Para continuar você precisa colocar uma carta H junto com uma carta ADP.	PROFBIO - UFRJ Para começar o ciclo de Calvin-Benson ou fase química você precisa do NADPH e do ATP. O gás carbônico é reduzido a um açúcar, o gliceraldeído 3-fosfato (G3P). Mas como essa molécula vai formar a GLICOSE?

APÊNDICE 3: Modelo do Mapa conceitual parte 1 e 2 (produzido pela autora)



cole aqui

APÊNDICE 4: Quadro de autoavaliação por emojis (produzido pela autora)

	Respeitei a opinião dos colegas.	Participei do grupo em todas as atividades	Fiz perguntas aos colegas ou o(a) professor(a)	Utilizei o conhecimento prévio	O tema da aula é de importância social
Etapa 1	  	  	  	  	  
Etapa 2	  	  	  	  	  
Etapa 3	  	  	  	  	  
Etapa 4	  	  	  	  	  

 Pouco ou nunca (0 a 40%)
 Médio (40 a 70%)
 Alto ou Sempre (70 a 100%)

APÊNDICE 5: Roteiro do aluno

Parte 1- Sensibilização.

- 1- Observe as duas imagens abaixo (imagem 1 e 2) com representações do mesmo ecossistema "Floresta Amazônica". Ao mesmo tempo, o professor colocará a música “A Água”, de *Arnaldo Antunes*, que retrata de forma lúdica o caminho percorrido pela água em nosso planeta.



Anavilhanas - Sítio do Patrimônio Natural da Humanidade (UNESCO) e Reserva da Biosfera (UNESCO).

Disponível em: <https://revistasagarana.com.br/natureza-como-obra-prima/>. Acesso em 05 de agosto de 2024.



“Amazônia” – Obra de Sebastião Salgado

Disponível em: <https://www.sescsp.org.br/editorial/exposicao-amazonia-de-sebastiao-salgado-estreia-no-sesc-pompeia/> Acesso em 05 de agosto de 2024.

“A água” de Arnaldo Antunes.”

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ZqyNUESL_yU. Acesso em 05 de agosto de 2024.

Música: A Água

Arnaldo Antunes e Paulo Tatit

Interpretação: Palavra Cantada

Da nuvem até o chão	Do filtro até o copo
Do chão até o bueiro	Do copo até a boca
Do bueiro até o cano	Da boca até a bexiga
Do cano até o rio	Da bexiga até a privada
Do rio até a cachoeira	Da privada até o cano
Da cachoeira até a represa	Do cano até o rio
Da represa até a caixa d'água	Do rio até outro rio
Da caixa d'água até a torneira	Do outro rio até o mar
Da torneira até o filtro	Do mar até outra nuvem

Agora pense e responda as perguntas :

Qual é a conexão das imagens com a música?

Se a música fosse apresentada sozinha, você saberia que ela falava do ciclo da água?

O que acha que aconteceria com as plantas e animais, se a água fosse escassa?

Por que algumas plantas conseguem viver com pouca água, enquanto outras não?

De acordo com a música, como é o trajeto da água em nosso planeta? Como acontece esse ciclo.

Parte 2 - Construção da hipótese inicial.

Agora vocês serão organizados em grupos (4-5 integrantes) para o desenvolvimento de todas as etapas da SDI, a partir de agora. Essa organização é importante para o debate das ideias para elaboração das hipóteses, testes, exploração, validação ou refutação das hipóteses, conclusão e reflexão final.

Problematização

Uma notícia publicada no site do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) afirma que:

Cerca de 70% das chuvas que caem sobre outras regiões do Brasil têm influência da Floresta Amazônica.

FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE (FUNBIO). Rios voadores, 6 nov. 2018. Disponível em: <https://www.funbio.org.br/rios-voadores/>. Acesso em: 10 de setembro de 2024.

Vamos fazer a construção inicial usando a pergunta abaixo:

1- Como é possível a Floresta Amazônica influenciar, em cerca de 70%, o regime de chuvas do Brasil inteiro?

Com a hipótese formulada sobre a influência da Floresta no ciclo de chuvas do país, façam a leitura da situação, e aprimorem suas hipóteses na proposta que segue.

A Floresta Amazônica atua como um “coração verde”, que bombeia a umidade pelo ar em forma de "rios voadores" até várias regiões da América do Sul. Esses rios voadores são fluxos de vapor de água que ajudam a distribuir a umidade da floresta para áreas distantes. Assim o ciclo da água atua de forma exuberante no processo.

2- Como a água que evapora da Amazônia, formando os rios voadores, chega até as folhas das plantas para participar da fotossíntese e sustentar a vida na Terra? Qual o caminho que a água faz na natureza? A hipótese inicial pode ser escrita de várias formas, usem a criatividade para demonstrar suas ideias e explorar a conexão da água com os seres vivos.

Após a construção da hipótese inicial e registro no roteiro do aluno é hora de começar a investigar as características da água que possibilitam e influenciam esse fenômeno complexo.

Como estou aprendendo:

Você sabia que você, aluno pode avaliar como está aprendendo durante essa sequência didática?

No quadro abaixo você precisa indicar qual emoji representa cada item de cada etapa. Comece pela etapa 1, mas não esqueça de usar o seu quadro ao final de cada etapa percorrida.

	Respeitei a opinião dos colegas.	Participei de grupo em todas as atividades	Fiz perguntas aos colegas ou o(a) professor(a)	Utilizei o conhecimento prévio	O tema da aula é de importância social
Etapa 1					
Etapa 2					
Etapa 3					
Etapa 4					

Pouco ou nunca (0 a 40%)
 Médio (40 a 70%)
 Alto ou Sempre (70 a 100%)

Etapa 2: Uma molécula quimicamente perfeita.

Os estudantes continuarão nos mesmos grupos, utilizando esse Roteiro do aluno com as respostas anteriores, assim os conceitos serão condensados para aplicação do conhecimento ao final da SDI.

Parte 1: A subida das cores.

Materiais: Copos/beckeres para cada grupo, tiras de papel absorvente, régua, cronômetro, corante alimentício e água.

Método: Análise da pergunta investigativa pré observação do experimento, construção de cromatografia em papel absorvente utilizando um copo com água e corante em uma extremidade da tira de papel e um copo vazio na outra. Seguido das questões investigativas adicionais após a observação do experimento.

Antes de iniciar a experimentação vocês analisarão a pergunta provocadora:

1- Como a água consegue percorrer o caminho até as folhas? Pense em como as moléculas de água conseguiriam fazer isso e desenhe um esquema no local indicado.

Após registrarem suas hipóteses para a questão 1 no roteiro do aluno, cada grupo vai deixar 1 tira de papel-toalha (em forma de ponte) absorver a água com corante (cores diversas) de um copo ou becker para outro. Os estudantes farão a observação e o registro das alterações ao longo de 10 minutos na tabela indicada no roteiro do aluno. *É necessário que o experimento seja observado após 24 horas (mínimo) para finalização.*

Tempo de observação (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Final após 24 horas
Modificações do experimento										
Observações adicionais										

Após todo processo, os grupos analisarão:

1- Quais alterações observadas durante o experimento estão ligadas ao caminho da água até as folhas?

2- De que forma as modificações que vocês observaram podem explicar o processo que acontece para que a água suba até as folhas.

3- Lembrem-se dos rios voadores do começo dessa SDI, e como a água muda em seu ciclo para que isso aconteça. Agora estabeleça a relação entre o experimento 1 - A subida das cores e a razão para que esse fenômeno aconteça nesta região?

Importante:

Estudantes é necessário que o experimento seja guardado por um período mínimo de 24 horas para a observação final e registro na tabela.

Para finalizar a primeira etapa da SDI precisamos pesquisar todos os conceitos que trabalhamos nessas aulas, para isso vocês precisam do livro didático disponível na escola. Nos livros vocês procurarão sobre os processos que acontecem no ciclo da água e as características físico químicas da água, registrando todos os conceitos no caderno para que todas as respostas construídas sejam revisitadas e se necessário modificadas de acordo com os conceitos específicos.

Essa pesquisa pode ser realizada de outras formas, como por exemplo em sites confiáveis, que o professor fornecerá.

Parte 2: Conectando saberes e moléculas.

Atenção estudantes, agora é o momento de vocês reverem o experimento 1- A subida das cores. Registre as observações finais na tabela e use a pesquisa para verificar se as respostas construídas no roteiro estão completas. Vocês podem inserir os conceitos pesquisados e até mesmo modificar a hipótese inicial que começou toda essa investigação.

Vocês receberam a primeira parte do mapa conceitual contendo duas imagens. Agora precisam completar as informações sobre como o ciclo da água, os rios voadores da Amazônia e as características físico-químicas da água estão interligados até o processo de absorção de água pelas pela planta que está no final da folha.

Como estou aprendendo: Volte no quadro e preencha os emojis que correspondem a sua aprendizagem na etapa 2. É rápido e fácil.

Etapa 3: Água no mundo micro.

Parte 1: Observando a fotossíntese

Antes de iniciar a experimentação temos uma pergunta provocadora:

1- Observando os materiais disponíveis para a aula (lupa, lanterna, copo/becker/tubo de ensaio, bicarbonato de sódio, água e plantas aquáticas) qual o resultado esperado com o uso da lanterna e sem o uso?

Após registrarem suas hipóteses para a questão 1 no roteiro do aluno, cada grupo vai colocar as plantas aquáticas (1 a 2 ramos) em um recipiente (copo/becker/tubo de ensaio) com água e bicarbonato de sódio (1 colher de chá). Exponha a luz da lanterna por 10 minutos e registre na tabela. Construa um outro experimento idêntico, mas sem a exposição à luz da lanterna, mantendo dentro da caixa de sapato de preferência forrada para evitar a entrada de luz do ambiente externo..

Tempo de observação (minutos)	1	2	3	4	5	6	7	8	10	Final
Modificações do experimento										
Observações adicionais										

Após o procedimento, vocês farão a análise, utilizando as perguntas do roteiro do aluno:

1- Quais alterações observadas durante o experimento? Existe alguma ligação do que foi observado a molécula de água?

2- Qual o efeito da falta de luz no experimento?

3- É de conhecimento geral que a água desempenha um papel fundamental para manutenção de cada forma de vida na Terra, e que está envolvida em diversos processos bioquímicos dentro e fora da unidade fundamental da vida, a célula. Como seria o resultado do teste sem a água?

Parte 2: A jornada da água na fotossíntese.

Nos mesmos grupos, agora é o momento de deixar tudo de lado e se jogar, ou melhor só jogar mesmo. Essa atividade vai trazer informações importantes sobre as moléculas e o processo da fotossíntese.

Vá para o Jogo didático: A jornada da água na fotossíntese com seu grupo!

Como estou aprendendo: Volte no quadro e preencha os emojis que correspondem a sua aprendizagem na etapa 3. É rápido e fácil.

Etapa 4: Uma jornada sem fim!

Etapa 1: Mapa conceitual

Vocês receberam a segunda parte do mapa conceitual contendo duas imagens. Agora precisam completar as informações sobre *Como a planta usa a molécula da água para sobreviver?* colando a primeira parte na outra metade da planta com folha para inserir os conceitos até chegar aos outros seres vivos no final.

Etapa 2: Discussão Final e impressões da jornada.

Depois disso, faremos a discussão usando a problematização: **Como a água que evapora da Amazônia, formando os rios voadores, chega até as folhas das plantas para participar da fotossíntese e sustentar a vida na Terra? Qual o caminho que a água faz na natureza?**

Estudantes, reflitam sobre o que vocês aprenderam e como se sentiram durante as atividades, lembrem-se de quais foram mais significativas e quais poderiam melhorar. Como esse conhecimento pode impactar suas ações no presente?

Como estou aprendendo: Volte no quadro e preencha os emojis que correspondem a sua aprendizagem na etapa 4 É rápido e fácil.

Agora sim, chegamos ao fim desta jornada! Mas o conhecimento é igual a molécula da água, está em todos os lugares, então esse é só o começo.

ANEXO 1

Banco de Questões do ENEM (2009 a 2023) retirados da prova na cor ROSA.

2009

Questão 10

A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que

- A o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
- B os carboidratos convertem energia solar em energia química.
- C a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
- D o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
- E a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.

2010

Questão 59

A lavoura arrozeira na planície costeira da região sul do Brasil comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, que ocasiona prejuízos diretos, como a redução de produção da lavoura. Solos com processo de salinização avançado não são indicados, por exemplo, para o cultivo de arroz. As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo.

WINKEL, H.L.; TSCHIEDEL, M. Cultura do arroz: salinização de solos em cultivos de arroz. Disponível em: <http://agropage.tripod.com/saliniza.html>. Acesso em: 25 jun. 2010 (adaptado).

A presença de sais na solução do solo faz com que seja dificultada a absorção de água pelas plantas, o que provoca o fenômeno conhecido por seca fisiológica, caracterizado pelo(a)

- A aumento da salinidade, em que a água do solo atinge uma concentração de sais maior que a das células das raízes das plantas, impedindo, assim, que a água seja absorvida.
- B aumento da salinidade, em que o solo atinge um nível muito baixo de água, e as plantas não têm força de sucção para absorver a água.
- C diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas não têm força de sucção, fazendo com que a água não seja absorvida.
- D aumento da salinidade, que atinge um nível em que as plantas têm muita sudação, não tendo força de sucção para superá-la.
- E diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas ficam túrgidas e não têm força de sudação para superá-la.

2010

Questão 71

Todos os organismos necessitam de água e grande parte deles vive em rios, lagos e oceanos. Os processos biológicos, como respiração e fotossíntese, exercem profunda influência na química das águas naturais em todo o planeta. O oxigênio é ator dominante na química e na bioquímica da hidrosfera. Devido a sua baixa solubilidade em água (9,0 mg/l a 20°C) a disponibilidade de oxigênio nos ecossistemas aquáticos estabelece o limite entre a vida aeróbica e anaeróbica. Nesse contexto, um parâmetro chamado Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi definido para medir a quantidade de matéria orgânica presente em um sistema hídrico. A DBO corresponde à massa de O_2 em miligramas necessária para realizar a oxidação total do carbono orgânico em um litro de água.

BAIRD, C. Química Ambiental. Ed. Bookman, 2005 (adaptado).

Dados: Massas molares em g/mol: C = 12; H = 1; O = 16. Suponha que 10 mg de açúcar (fórmula mínima CH_2O e massa molar igual a 30 g/mol) são dissolvidos em um litro de água; em quanto a DBO será aumentada?

- A 0,4 mg de O_2 /litro
- B 1,7 mg de O_2 /litro
- C 2,7 mg de O_2 /litro
- D 9,4 mg de O_2 /litro
- E 10,7 mg de O_2 /litro

2011

QUESTÃO 90

Certas espécies de algas são capazes de absorver rapidamente compostos inorgânicos presentes na água, acumulando-os durante seu crescimento. Essa capacidade fez com que se pensasse em usá-las como biofiltros para a limpeza de ambientes aquáticos contaminados, removendo, por exemplo, nitrogênio e fósforo de resíduos orgânicos e metais pesados provenientes de rejeitos industriais lançados nas águas. Na técnica do cultivo integrado, animais e algas crescem de forma associada, promovendo um maior equilíbrio ecológico.

SORIANO, E. M. Filtros vivos para limpar a água. Revista Ciência Hoje. V. 37, n° 219, 2005 (adaptado).

A utilização da técnica do cultivo integrado de animais e algas representa uma proposta favorável a um ecossistema mais equilibrado porque

- A os animais eliminam metais pesados, que são usados pelas algas para a síntese de biomassa.
- B os animais fornecem excretas orgânicos nitrogenados, que são transformados em gás carbônico pelas algas.
- C as algas usam os resíduos nitrogenados liberados pelos animais e eliminam gás carbônico na fotossíntese, usado na respiração aeróbica.
- D as algas usam os resíduos nitrogenados provenientes do metabolismo dos animais e, durante a síntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.
- E as algas aproveitam os resíduos do metabolismo dos animais e, durante a quimiossíntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.

2012

Ausente

2013

QUESTÃO 50

Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água...

SACKS, O. *Tio Tungstênio*: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

- ☐ A obtenção de ouro a partir de pepitas.
- ☐ B obtenção de calcário a partir de rochas.
- ☒ C obtenção de alumínio a partir da bauxita.
- ☐ D obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
- ☐ E obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

2013

QUESTÃO 57

Entre as substâncias usadas para o tratamento de água está o sulfato de alumínio que, em meio alcalino, forma partículas em suspensão na água, às quais as impurezas presentes no meio se aderem.

O método de separação comumente usado para retirar o sulfato de alumínio com as impurezas aderidas é a

- ☒ A flotação.
- ☐ B levigação.
- ☐ C ventilação.
- ☐ D peneiração.
- ☐ E centrifugação.

2013

QUESTÃO 66

Plantas terrestres que ainda estão em fase de crescimento fixam grandes quantidades de CO_2 , utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas, e liberam grande quantidade de O_2 . No entanto, em florestas maduras, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de O_2 pela respiração tende a igualar sua produção pela fotossíntese. A morte natural de árvores nessas florestas afeta temporariamente a concentração de O_2 e de CO_2 próximo à superfície do solo onde elas caíram.

A concentração de O_2 próximo ao solo, no local da queda, será

- ☒ A menor, pois haverá consumo de O_2 durante a decomposição dessas árvores.
- ☐ B maior, pois haverá economia de O_2 pela ausência das árvores mortas.
- ☐ C maior, pois haverá liberação de O_2 durante a fotossíntese das árvores jovens.
- ☐ D igual, pois haverá consumo e produção de O_2 pelas árvores maduras restantes.
- ☐ E menor, pois haverá redução de O_2 pela falta da fotossíntese realizada pelas árvores mortas.

2014

Ausente

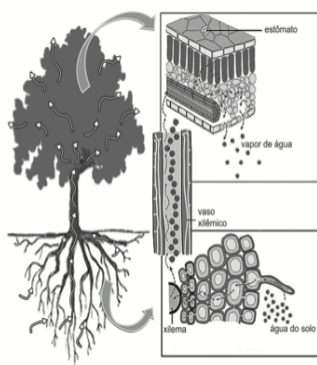
2015

Ausente

2016

QUESTÃO 46

A figura ilustra o movimento da seiva xilêmica em uma planta.



CORREIA, S. Teoria da tensão-coesão-aderência. *Revista de Ciência Elementar*, n. 1, 2014 (adaptado).

Mesmo que essa planta viesse a sofrer ação contínua do vento e sua copa crescesse voltada para baixo, essa seiva continuaria naturalmente seu percurso.

O que garante o transporte dessa seiva é a

- ☐ A gutação.
- ☐ B gravidade.
- ☐ C respiração.
- ☐ D fotossíntese.
- ☐ E transpiração.

2016

QUESTÃO 75

Primeiro, em relação àquilo a que chamamos água, quando congela, parece-nos estar a olhar para algo que se tornou pedra ou terra, mas quando derrete e se dispersa, esta torna-se bafo e ar; o ar, quando é queimado, torna-se fogo; e, inversamente, o fogo, quando se contrai e se extingue, regressa à forma do ar; o ar, novamente concentrado e contraído, torna-se nuvem e nevoeiro, mas, a partir destes estados, se for ainda mais comprimido, torna-se água corrente, e de água torna-se novamente terra e pedras; e deste modo, como nos parece, dão geração uns aos outros de forma cíclica.

PLATÃO. *Timeu-Critias*. Coimbra: CECH, 2011.

Do ponto de vista da ciência moderna, os "quatro elementos" descritos por Platão correspondem, na verdade, às fases sólida, líquida, gasosa e plasma da matéria. As transições entre elas são hoje entendidas como consequências macroscópicas de transformações sofridas pela matéria em escala microscópica.

Excetuando-se a fase de plasma, essas transformações sofridas pela matéria, em nível microscópico, estão associadas a uma

- ☐ A troca de átomos entre as diferentes moléculas do material.
- ☐ B transmutação nuclear dos elementos químicos do material.
- ☐ C redistribuição de prótons entre os diferentes átomos do material.
- ☐ D mudança na estrutura espacial formada pelos diferentes constituintes do material.
- ☐ E alteração nas proporções dos diferentes isótopos de cada elemento presente no material.

2017

QUESTÃO 119

Pesquisadores conseguiram estimular a absorção de energia luminosa em plantas graças ao uso de nanotubos de carbono. Para isso, nanotubos de carbono "se inseriram" no interior dos cloroplastos por uma montagem espontânea, através das membranas dos cloroplastos. Pigmentos da planta absorvem as radiações luminosas, os elétrons são "excitados" e se deslocam no interior de membranas dos cloroplastos, e a planta utiliza em seguida essa energia elétrica para a fabricação de açúcares. Os nanotubos de carbono podem absorver comprimentos de onda habitualmente não utilizados pelos cloroplastos, e os pesquisadores tiveram a ideia de utilizá-los como "antenas", estimulando a conversão de energia solar pelos cloroplastos, com o aumento do transporte de elétrons.

Nanotubos de carbono incrementam a fotossíntese de plantas.

Disponível em: <http://qes.igim.unicamp.br>. Acesso em: 14 nov. 2014 (adaptado).

O aumento da eficiência fotossintética ocorreu pelo fato de os nanotubos de carbono promoverem diretamente a

- ☐ A utilização de água.
- ☐ B absorção de fótons.
- ☐ C formação de gás oxigênio.
- ☐ D proliferação dos cloroplastos.
- ☐ E captação de dióxido de carbono.

2018

Ausente

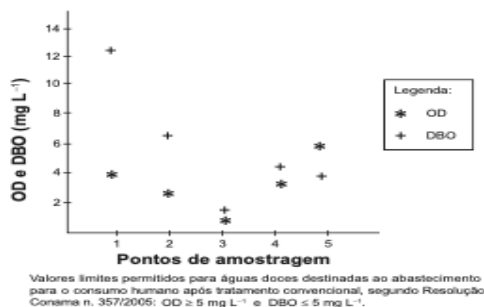
2019

Ausente

2020

Questão 105

Pesquisadores coletaram amostras de água de um rio em pontos diferentes, distantes alguns quilômetros um do outro. Ao longo do rio, há locais de águas limpas, como também locais que recebem descarga de esgoto de área urbana, e locais onde há decomposição ativa com ausência de peixes. Os pesquisadores analisaram dois parâmetros: oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em cada ponto de coleta de água, obtendo o gráfico:



O OD é proveniente da atmosfera e da fotossíntese que ocorre no curso-d'água e sua concentração é função das variáveis físicas, químicas e bioquímicas locais. A DBO é a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos em condições aeróbicas para degradar uma determinada quantidade de matéria orgânica, durante um período de tempo, numa temperatura de incubação específica.

Disponível em: www.programasaguasul.m.gov.br. Acesso em: 16 ago. 2014 (adaptado).

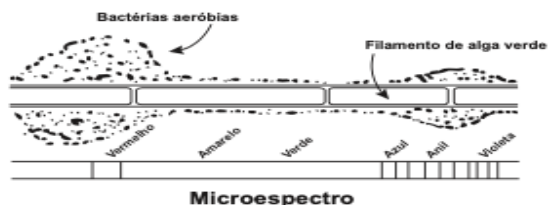
Qual ponto de amostragem da água do rio está mais próximo ao local em que o rio recebe despejo de esgoto?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5

2020

Questão 107

Em uma aula sobre metabolismo energético, foi apresentado um experimento clássico realizado por Engelmann. Um recipiente contendo bactérias aeróbias e uma alga verde filamentosa foi submetido à iluminação de uma fonte de luz, representada pelo microespectro. Após a explicação, um aluno esquematizou na lousa o resultado do referido experimento.



Considerando a figura, a faixa do microespectro em que a alga possui maior taxa de realização fotossintética é a do:

- A Anil.
- B Verde.
- C Violeta.
- D Amarelo.
- E Vermelho.

2020

Questão 121

O dióxido de carbono passa para o estado sólido (gelo seco) a -78°C e retorna ao estado gasoso à temperatura ambiente. O gás é facilmente solubilizado em água, capaz de absorver radiação infravermelha da superfície da terra e não conduz eletricidade. Ele é utilizado como matéria-prima para a fotossíntese até o limite de saturação. Após a fixação pelos organismos autotróficos, o gás retorna ao meio ambiente pela respiração aeróbica, fermentação, decomposição ou por resíduos industriais, queima de combustíveis fósseis e queimadas. Apesar da sua importância ecológica, seu excesso causa perturbações no equilíbrio ambiental.

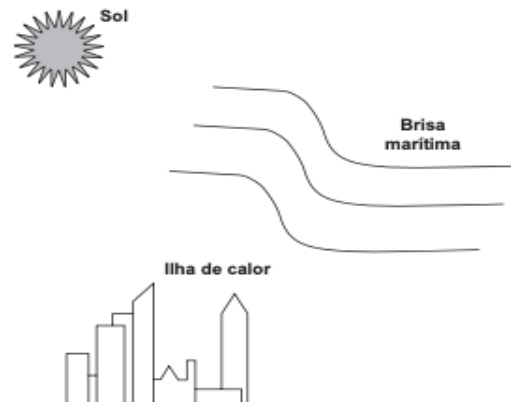
Considerando as propriedades descritas, o aumento atmosférico da substância afetará os organismos aquáticos em razão da

- A redução do potencial hidrogeniônico da água.
- B restrição da aerobiose pelo excesso de poluentes.
- C diminuição da emissão de oxigênio pelos autótrofos.
- D limitação de transferência de energia entre os seres vivos.
- E retração dos oceanos pelo congelamento do gás nos polos.

2021

Questão 92

Na cidade de São Paulo, as ilhas de calor são responsáveis pela alteração da direção do fluxo da brisa marítima que deveria atingir a região de mananciais. Mas, ao cruzar a ilha de calor, a brisa marítima agora encontra um fluxo de ar vertical, que transfere para ela energia térmica absorvida das superfícies quentes da cidade, deslocando-a para altas altitudes. Dessa maneira, há condensação e chuvas fortes no centro da cidade, em vez de na região de mananciais. A imagem apresenta os três subsistemas que trocam energia nesse fenômeno.



No processo de fortes chuvas no centro da cidade de São Paulo, há dois mecanismos dominantes de transferência de calor: entre o Sol e a ilha de calor, e entre a ilha de calor e a brisa marítima.

VIVEIROS, M. Ilhas de calor afastam chuvas de represas. Disponível em: www2.fis.unesp.br. Acesso em: 3 dez. 2019 (adaptado).

Esses mecanismos são, respectivamente,

- A irradiação e convecção.
- B irradiação e irradiação.
- C condução e irradiação.
- D convecção e irradiação.
- E convecção e convecção.

2021

Questão 110 — enem 2023

Organismos autótrofos e heterótrofos realizam processos complementares que associam os ciclos do carbono e do oxigênio. O carbono fixado pela energia luminosa ou a partir de compostos inorgânicos é eventualmente degradado pelos organismos, resultando em fontes de carbono como metano ou gás carbônico. Ainda, outros compostos orgânicos são catabolizados pelos seres, com menor rendimento energético, produzindo compostos secundários (subprodutos) que podem funcionar como combustíveis ambientais.

O processo metabólico associado à expressão combustíveis ambientais é a

- A** fotossíntese.
- B** fermentação.
- C** quimiossíntese.
- D** respiração aeróbica.
- E** fosforilação oxidativa.

2022

Ausente

2023

Ausente

Notícia para a Etapa 1 da SDI

Notícia: Rios voadores



Cerca de 70% das chuvas que caem sobre outras regiões do Brasil têm influência da floresta amazônica Crédito: Reprodução Doc Rios Voadores

No céu do Norte do Brasil, correm rios tão ou mais caudalosos que o próprio Amazonas, considerado o maior do mundo em volume e extensão. Todos os anos, esses rios voadores se deslocam em correntes atmosféricas, levando a umidade do oceano e da floresta até o Sul do continente. O ciclo termina quando a água é devolvida em forma de chuvas, que regam as lavouras no Centro-oeste e reabastecem os repositórios de água do Sul e do Sudeste, regiões que concentram o maior número de usinas hidrelétricas.

Foi em 2016 que Michael Schucht, consultor do Banco de Desenvolvimento Alemão (KfW), tomou conhecimento do fenômeno dos rios voadores. Nos últimos anos, este fenômeno foi objeto de pesquisas e investigação, em parte financiados pela PETROBRAS. Os pesquisadores Eneas Salati (ESALQ), Jose Marengo (CEMADEN) e Antônio D. Nobre (INPA / INPE) bem como o aviador Gerard Moss batizaram os fluxos atmosféricos de umidade tão ou mais caudalosos que o próprio rio Amazonas como “rios voadores”. O ciclo hidrológico mantido pelos “rios voadores” se completa quando a umidade/vapor d’água é devolvida em forma de chuvas, importantes para o agroecócio no Centro-Oeste, abastecem os lençóis freáticos e barragens do Sul e do Sudeste, regiões que concentram o maior número de usinas hidrelétricas.

Inspirados pelo 8o Fórum Mundial da Água, Schucht e o colega Thomas Hagenbrock – consultor da Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ, na sigla original) – elaboraram uma proposta de documentário com Bettina Ehrhardt, produtora de televisão veterana na Alemanha. “A situação é dramática, mas não queríamos fazer um filme apenas sobre o problema. Era fundamental mostrar a beleza do Brasil, as alternativas para contornar essa situação e os métodos agroflorestais, herança indígena fundamental para preservar os serviços da floresta”, explica Bettina, diretora e roteirista.

O filme, de 26 minutos, mostra que os rios voadores levam mais água para o sul do continente do que o rio Amazonas desemboca no mar. Cerca de 70% das águas que chegam ao Centro-oeste, Sudeste e Sul brotam de uma verdadeira dança meteorológica: a evaporação do oceano Atlântico na faixa do Equador forma uma corrente úmida que é sugada pela floresta. A floresta, por sua vez, libera mais umidade ainda na atmosfera. Combinada, essa massa de umidade desce em direção à cordilheira do Andes, onde é redirecionada ao Centro e ao Sul do Brasil. No caminho, gera precipitações na cabeceira do Rio Amazonas e outras bacias no Paraguai, Argentina e Uruguai.

O financiamento do filme, que estreou em março no Fórum Mundial da Água, veio do governo da Alemanha por meio da GIZ, a agência de cooperação alemã. Os criadores esperam popularizar o conceito dos rios voadores e mostrar como o desmatamento, as queimadas e a seca na floresta já estão mudando o ciclo das chuvas em todo o país, colocando em risco a economia brasileira e o clima global. Daí a importância de programas como o ARPA para a manutenção desses fenômenos naturais.

Schucht destaca que nem mesmo os empresários do agronegócio sabem dos riscos que correm ao defender o desmatamento da Amazônia para aumento de produção. “Eles estão cavando a própria cova. Sem chuva não há agricultura”, diz.

Foram entrevistados para o filme especialistas como Nobre; Stefan Wolff, meteorologista do Instituto Max Planck que realiza pesquisas sobre clima na Torre Alta da Amazônia (ATTO, na sigla em Inglês), comunitários de unidades de conservação e autoridades políticas de ambos os países, como o então ministro do Meio Ambiente José Sarney Filho e o diretor da divisão sul-americana do Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento Alemão, Christoph Rauh.

O filme será exibido pela TV Brasil. Mas como o objetivo principal dos criadores é divulgar o assunto, o documentário também está disponível online, nas versões em Português e Inglês.