

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.....	1
Roteiro Investigativo etapa 2.....	7
Roteiro Investigativo etapa 3.....	11
Roteiro Investigativo etapa 4.....	13
Jogo didático cooperativo.....	16
Roteiro do aluno.....	20

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 anotarà 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.

Etapa 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)

Etapa 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).

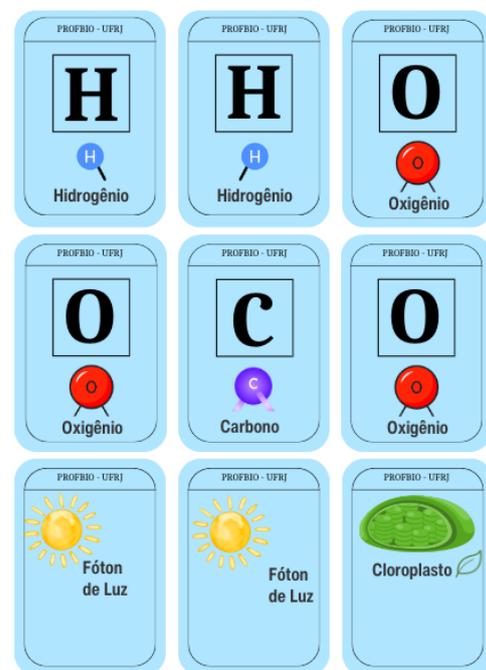
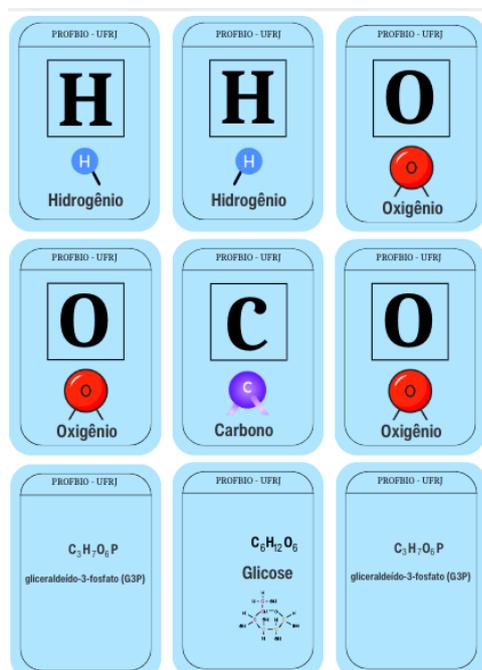
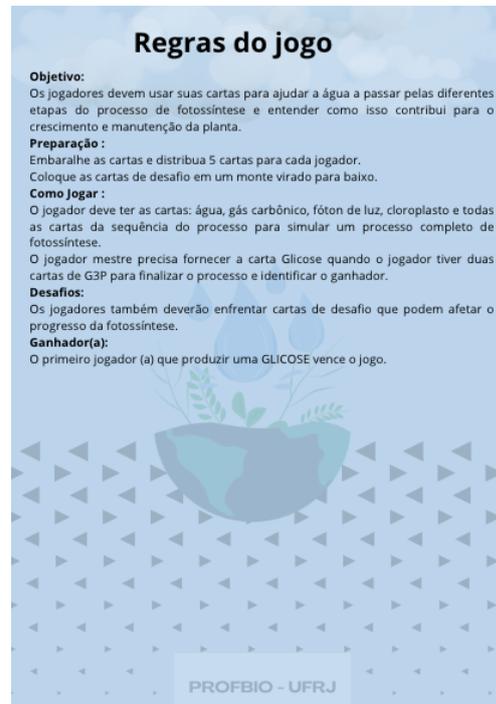
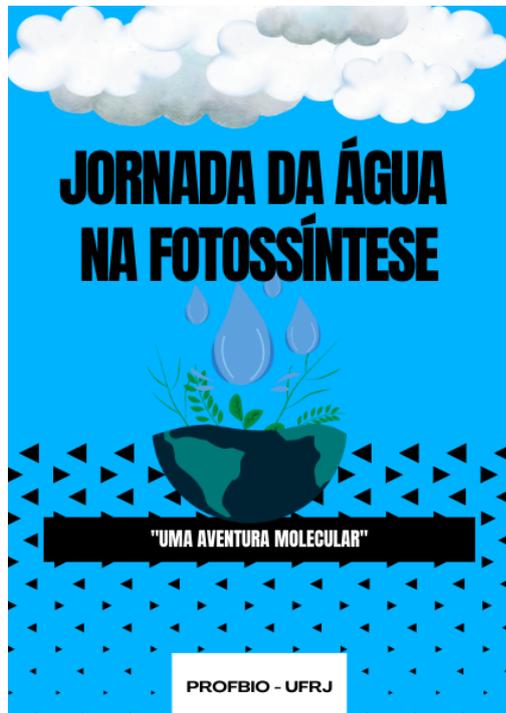
Sugestão de perguntas para finalização:

- 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?

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.



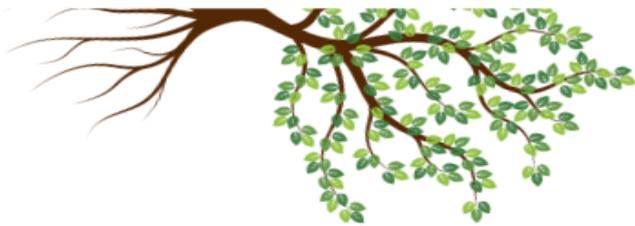
<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>É simples! Duas moléculas de G3P formam uma molécula de GLICOSE. Então você precisa ter duas cartas G3P para finalizar o processo!</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Pronto! Agora a fotossíntese está completa. A planta tem que usar a glicose para produzir energia para viver, usando 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.</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O xilema atua sobre a água, formando uma pressão negativa (tensão) que movimenta a água a longa distância.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O clima está seco e quente! A planta perde água rapidamente.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A planta está sob estresse hídrico! A fotossíntese é ineficiente.</p> <p>PERDE 1 CARTA</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Fungos afetam a planta. A absorção de nutrientes e água está prejudicada.</p> <p>COMPRE 1 CARTA</p>
<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A temperatura aumentou! A fotossíntese pode acelerar, mas também pode causar estresse na planta.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O dia está nublado! A produção de energia solar é reduzida.</p> <p>DESCARTE UM FÓTON DE LUZ</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A poluição do ar aumentou! O dióxido de carbono é menos eficaz.</p> <p>FIQUE SEM JOGAR UMA RODADA.</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Outras plantas estão competindo por luz e nutrientes.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O solo está muito ácido, isso afeta a absorção de nutrientes.</p> <p>TROQUE UMA CARTA COM UM JOGADOR</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A planta é jovem, sua capacidade fotossintética é baixa, pois as folhas ainda não estão completamente desenvolvidas.</p> <p>FIQUE SEM JOGAR UMA RODADA</p>
<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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.</p> <p>COMPRE 4 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Nível de dióxido de carbono aumentado! As plantas podem crescer mais rápido.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O solo está contaminado, as raízes absorveram menos água.</p> <p>TROQUE DUAS 2 CARTAS COM UM JOGADOR</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>As folhas estão envelhecendo, a capacidade fotossintética torna-se nula.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>O dia está com temperatura acima de 35° C, os estômatos aumentaram a perda de água através da transpiração.</p> <p>COMPRE 2 CARTAS</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A glicose é convertida em outras moléculas de substâncias ricas em energia, que ficarão armazenadas nas sementes e frutos</p> <p>TROQUE UMA CARTA COM UM JOGADOR</p>

<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Agora que já temos a Água, os fótons de luz, os pigmentos (clorofila e carotenóides), o gás carbônico podemos começa.</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>A água é absorvida pelo 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?</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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!</p>
<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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?</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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?</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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.</p>
<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>Parabéns! Agora o NADPH está formado. Você precisa continuar o processo para saber o que acontece com os prótons H.</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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.</p>	<p>PROFBIO - UFRJ</p> <p>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?</p>

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



cole aqui



Quadro de autoavaliação por emojis (produzido pela autora)

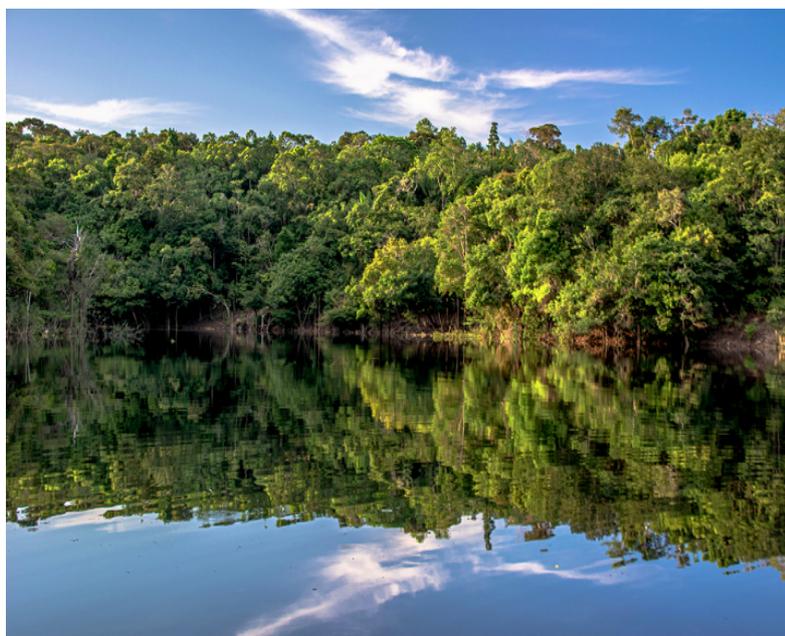
	Respeitei a opinião dos colegas.	Participei do grupo em todas as atividades	Fiz perguntas aos colegas ou o(a) professor(a)	Utilizei o conhecimento prévio	O tema da aula é de importância social
Etapa 1					
Etapa 2					
Etapa 3					
Etapa 4					

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

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 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%)

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 ($9,0 \text{ mg/l}$ 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 orgânicas nitrogenadas, 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

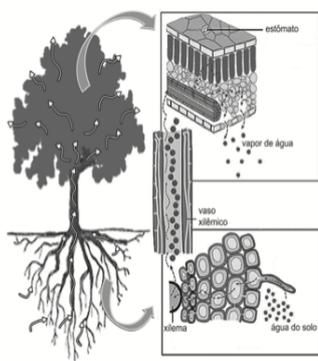
2015

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.igq.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

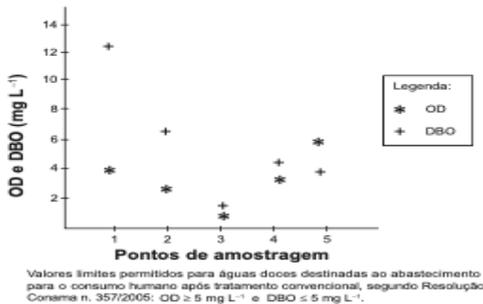
2019

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.programasaguaazul.m.gov.br. Acesso em: 16 ago. 2014 (adaptado).

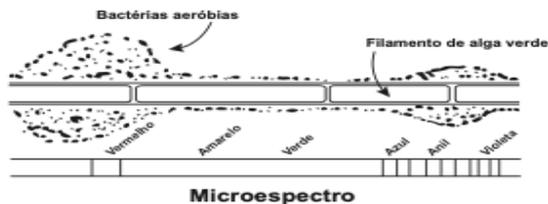
Qual ponto de amostragem da água do rio está mais próximo ao local em que o rio recebe despejo de esgoto?

- 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.

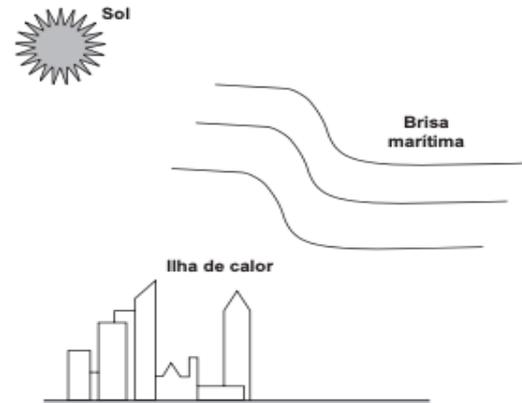
Considerando as propriedades descritas, o aumento atmosférico da substância afetará os organismos aquáticos em razão da

- 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 regressas. Disponível em: www2.feis.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 — enem2021

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: 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.