



## Os impactos do CO<sub>2</sub> em plantas: cultivando a consciência ambiental em estudantes por meio de uma atividade investigativa<sup>1</sup>

*The impacts of CO<sub>2</sub> on plants: cultivating environmental awareness in students through an investigative activity*

 **Daniel Bastos Souza Filho** 

Especialista em Ciências da Natureza e suas Tecnologias e Mundo do Trabalho; Licenciado em Ciências Biológicas  
Universidade Estadual do Ceará – UECE  
Fortaleza, CE – Brasil  
[dan.filho@aluno.uece.br](mailto:dan.filho@aluno.uece.br)

 **Fabício Bonfim Sudério** 

Pós-Doutor em Educação  
Universidade Estadual do Ceará – UECE  
Fortaleza, CE – Brasil  
[fabricao.suderio@uece.br](mailto:fabricao.suderio@uece.br)

**Resumo:** O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma atividade investigativa sobre os impactos do aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico no desenvolvimento de plantas como forma de explorar a consciência ambiental. Essa atividade de abordagem qualitativa envolveu e estudantes do Ensino Médio e foi organizada nas seguintes etapas: exibição de um filme para discutir o papel das plantas na produção de oxigênio e o impacto das mudanças climáticas; análise dos conhecimentos prévios dos discentes sobre o tema da pesquisa; realização de um experimento sobre fotossíntese; e uma pesquisa sobre a qualidade nutricional das plantas sob aumento dos níveis de CO<sub>2</sub>. As respostas foram analisadas por categorização de dados, cuja avaliação culminou em uma discussão sobre a “pegada ecológica”. O experimento sobre fotossíntese foi reconhecido como uma alternativa eficiente para a compreensão desse processo e a atividade investigativa levou os discentes a considerarem mudanças em seus próprios hábitos para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.

**Palavras chave:** ensino de biologia; ensino por investigação; fotossíntese.

**Abstract:** The objective of this research was to develop an investigative activity on the impacts of increasing atmospheric CO<sub>2</sub> on plant development as a way of exploring environmental awareness. This qualitative approach activity involved high school students and was organized in the following stages: showing a film to discuss the role of plants in oxygen production and the impact of climate change; analysis of students' prior knowledge on the research topic; carrying out an experiment on photosynthesis; and research on the nutritional quality of plants under increasing CO<sub>2</sub> levels. The responses were analyzed by data categorization, the evaluation of which culminated in a discussion about the “ecological footprint”. The experiment on photosynthesis was recognized as an efficient alternative for understanding this process and the investigative activity led students to consider changes in their own habits to reduce CO<sub>2</sub> emissions.

**Keywords:** biology teaching; teaching by investigation; photosynthesis.

Cite como

(ABNT NBR 6023:2018)

SOUZA FILHO, Daniel Bastos; SUDÉRIO, Fabrício Bonfim. Os impactos do CO<sub>2</sub> em plantas: cultivando a consciência ambiental em estudantes por meio de uma atividade investigativa. *Dialogia*, São Paulo, n. 50, p. 1-13, e26414, set./dez. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/50.2024.26414>

*American Psychological Association (APA)*

Souza Filho, D. B., & Sudério, F. B. (2024, set./dez.). Os impactos do CO<sub>2</sub> em plantas: cultivando a consciência ambiental em estudantes por meio de uma atividade investigativa. *Dialogia*, São Paulo, 50, p. 1-13, e26414. <https://doi.org/10.5585/50.2024.26414>

<sup>1</sup> CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

## 1 Introdução

O aquecimento global, impulsionador das mudanças climáticas, está causando diversos impactos ambientais. Em 16 de novembro de 2023, a temperatura global superou os níveis pré-industriais em 2,07°C, sinalizando um desafio urgente: restabelecer o equilíbrio climático (Oliveira; Alves, 2014).

As emissões de gases de efeito estufa, principalmente de CO<sub>2</sub>, são a principal ameaça a esse equilíbrio. Projeções indicam um aumento no aquecimento global com possibilidade de temperaturas superiores a 2°C, no ano de 2050, podendo chegar a 3,6°C até o ano de 2100, o que poderia desencadear mudanças climáticas drásticas (IPCC, 2023).

A fotossíntese é um processo que transforma CO<sub>2</sub> e água em açúcares, usando luz solar, podendo ser afetado pelos aumentos dos níveis de CO<sub>2</sub>. Mesmo, inicialmente, beneficiando o crescimento vegetal, o calor relacionado ao aumento do CO<sub>2</sub> pode diminuir a produtividade agrícola e aumentar a vulnerabilidade a doenças (Fagundes *et al.*, 2010).

A compreensão da fotossíntese é essencial para entender como o CO<sub>2</sub> afeta as plantas e, por consequência, todos os seres vivos. Um ensino que promova o debate, a análise crítica e a formação de opiniões fundamentadas é crucial para tratar questões de sustentabilidade de maneira eficaz. O ensino por investigação atende a essa demanda ao engajar estudantes em uma aprendizagem ativa, por meio da formulação de hipóteses, exploração e análise do conhecimento (Lima; Martins, 2013).

O objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver uma atividade investigativa sobre os impactos do aumento do CO<sub>2</sub> atmosférico no desenvolvimento de plantas como forma de explorar a consciência ambiental. Os objetivos específicos foram: desenvolver uma metodologia de facilitação da compreensão dos fundamentos que envolvem a fotossíntese; determinar o efeito do CO<sub>2</sub> na fotossíntese por meio de experimentos práticos; investigar como o CO<sub>2</sub> pode alterar a qualidade nutricional das plantas; e discutir sobre o impacto do aumento de CO<sub>2</sub> no aquecimento global, destacando a relevância de práticas sustentáveis.

## 2 Metodologia

O estudo descreve uma Atividade de Aplicação em Sala de Aula (AASA) desenvolvida com alunos do 2º ano do Ensino Médio, em Fortaleza/CE. A atividade foi dividida em cinco aulas de 100 minutos, entre 18 de outubro a 22 de novembro de 2023. Essa ação foi realizada na disciplina de Energias Renováveis como uma forma de aprofundar os conhecimentos sobre os impactos ambientais de origem antrópica. As etapas dessa atividade se encontram no quadro 1.

**Quadro 1** - Etapas da atividade de aplicação em sala de aula

ETAPAS DA ATIVIDADE DE APLICAÇÃO EM SALA DE AULA (AASA)			
AULA		ATIVIDADES	LOCAL
1º e 2º	Contextualização	Exibição do filme “2067” e reflexões acerca da importância das plantas (questioná-los)	Sala de Aula
	Verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes	Perguntas avaliativas: “O que é fotossíntese?” e “O que você pensa ao ouvir sobre o gás carbônico?” (Registro em folha)	
	Recursos	Projektor, notebook, pincel e quadro-branco	
3º	Pergunta- norteadora	Como o aumento da concentração de CO <sub>2</sub> atmosférico afeta a fotossíntese e a qualidade nutricional das plantas?	Laboratório de Ciências
	Formulação das hipóteses (1)	O aumento da concentração de CO <sub>2</sub> atmosférico aumenta a taxa de fotossíntese	
	Investigação (1):	Experimento da fotossíntese	
	Recursos	Bicarbonato de sódio, planta aquática e planta terrestre, balança, espátula, becker, recipientes	
4º	Formulação das hipóteses (2)	O aumento da concentração de CO <sub>2</sub> e o conseqüente aumento na taxa de fotossíntese podem melhorar ou piorar a qualidade nutricional das plantas	Laboratório de Informática
	Investigação (2):	Pesquisa bibliográfica e sistematização dos resultados no Padlet*	
	Recursos	Computadores com acesso à internet	
5º	Avaliação dos resultados	Comparação dos resultados com dados do relatório IPCC 2023, análise das emissões de CO <sub>2</sub> (pegada ecológica) e mudança de hábitos	Sala de aula
	Recursos	Projektor, notebook, pincel e quadro-branco	

\*Padlet: site que permite adicionar e organizar diversos tipos de conteúdo de forma interativa.

Fonte: Os autores.

Para contextualização da temática utilizou-se o filme "2067" para discutir o papel das plantas na produção de oxigênio e o impacto das mudanças climáticas. Em seguida, aplicou-se com os alunos duas questões para avaliação do conhecimento prévio individual: “O que é fotossíntese?” e “O que você pensa ao ouvir sobre o gás carbônico?”. Após os registros, ministrou-se uma aula sobre o processo de fotossíntese.

A aula seguinte iniciou com a pergunta: "Como o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico afeta a fotossíntese e a qualidade nutricional das plantas?". Após a formulação das hipóteses, os alunos realizaram um experimento para testar essas hipóteses sobre a relação da fotossíntese com a concentração do CO<sub>2</sub>. As amostras foliares usadas nos experimentos foram de uma planta aquática da espécie *Limnophila sessiliflora*, conhecida como “Ambulia” e de uma planta terrestre da espécie *Syzygium cumini*, conhecida como “jamelão” e “ameixa roxa” (Floradobrasil, 2020). Os experimentos foram realizados no laboratório de ciências da escola, utilizando-se:

recipientes com adição de 3g e 6g de bicarbonato de sódio, respectivamente, como fonte de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese ocorrer; e um recipiente controle (sem adição). Na sequência, os três recipientes foram expostos por dez minutos ao sol. Importante lembrar que o bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), ao ser adicionado na água, acaba sofrendo uma dissociação, liberando cátions de Na<sup>+</sup> e ânions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, que reagem com os prótons H<sup>+</sup> livres na água, formando o ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), que por ser muito instável, é facilmente decomposto em água e gás carbônico (Lira, 2010; Cardoso, 2012; Fogaça, 2013).

Na aula seguinte, com o intuito de investigar as demais hipóteses, realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o auxílio da plataforma *Padlet*. A atividade culminou com uma discussão integrando os resultados das pesquisas e os do relatório IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) 2023, além de reflexões sobre as emissões de CO<sub>2</sub> e suas consequências globais, com análise da “pegada ecológica” e com um estímulo à mudança de hábitos dos estudantes.

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, que na concepção de Vargas, Dourado e Fredrich (2021), permite a investigação de uma realidade em que o pesquisador, enquanto observador, pode interpretar as complexidades de um determinado problema. As respostas subjetivas dos estudantes foram analisadas por abordagem de categorização de dados, proposta por Carneiro e Silva (2007), com adaptações, consistindo nas seguintes categorias: Classe 0 - Resposta ausente ou irrelevante; Classe 1 - Resposta genérica ou pouco informativa; Classe 2 - Resposta parcialmente correta, mas com falhas conceituais; Classe 3 - Resposta correta com compreensão conceitual; Classe 4 - Resposta completa e bem fundamentada, demonstrando racionalidade científica. Os estudantes participantes foram identificados por letras do alfabeto.

Essa pesquisa respeitou os princípios éticos da Resolução 510/2016 (BRASIL, 2016), de modo que os estudantes participaram de forma voluntária, com plena garantia de anonimato, além do esclarecimento dos objetivos, dos riscos e dos benefícios da pesquisa.

### 3 Resultados e discussão

#### 3.1 Conhecimentos prévios dos estudantes quanto ao processo de fotossíntese e sobre o gás carbônico (1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> aula)

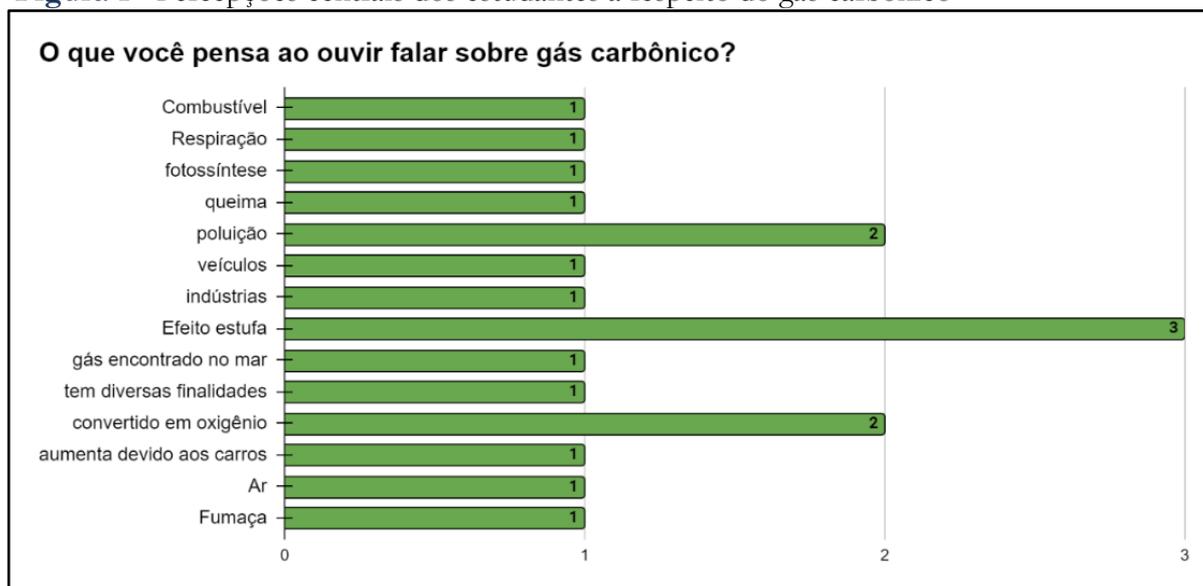
A análise inicial do conhecimento revelou que somente os alunos identificados como A e C (Classe 3) tinham uma compreensão conceitual adequada da fotossíntese. Seis alunos mostraram entendimento parcial (Classe 2), com B associando fotossíntese unicamente à energia, D e F referindo-se ao processo como produção de energia, e J, incorretamente, como reserva energética, enquanto E e G reconheceram a liberação de oxigênio, mas não a produção de carboidratos. Esses

resultados estão alinhados com literatura prévia (Gordiano; Xavier, 2019), que aponta para uma visão reducionista da fotossíntese focada principalmente em oxigênio e energia, omitindo a síntese de compostos orgânicos.

Os estudantes identificados como H e I relacionaram fotossíntese à reprodução vegetal (Classe 0). Ao perceber as dificuldades desses alunos, os mesmos foram encorajados à expressão livre de conhecimento, o que surpreendeu o estudante I, que disse: “Que estranho professor, nenhum professor teve interesse em saber o que eu sabia sobre algo!”, fato que pode refletir uma cultura educacional em que o professor apenas transmite conhecimento, mas não dialoga sobre o mesmo. Sobre isso, Gomes et al. (2020) sugere que é essencial a troca de conhecimento entre docentes e discentes.

Sobre o dióxido de carbono, as respostas dos alunos foram representadas graficamente para identificar as concepções mais frequentes, revelando percepções centrais e equívocos comuns acerca do CO<sub>2</sub> e sua função na fotossíntese e no efeito estufa (Figura 1).

**Figura 1** - Percepções centrais dos estudantes a respeito do gás carbônico



Fonte: Os autores.

Observou-se que três dos nove participantes associaram o CO<sub>2</sub> ao efeito estufa. Duas respostas fizeram referência à poluição e algumas concepções, como: "aumento devido aos carros"; "queima"; "combustível"; "indústrias"; e "veículos", refletindo a compreensão dos estudantes sobre a relação do CO<sub>2</sub> com a poluição e o aquecimento global.

Dois alunos, entretanto, mostraram uma compreensão equivocada, acreditando que o oxigênio provém do CO<sub>2</sub>. Foi esclarecido durante a aula que, na fotossíntese, o oxigênio é gerado

pela quebra da molécula de água (fotólise) e que o CO<sub>2</sub> é utilizado na formação de carboidratos. Essa confusão pode ter suas raízes em uma abordagem educacional que enfatiza a troca de gases sem detalhar adequadamente o mecanismo do processo, conforme identificado por Dimov, Pechliye e Jesus (2016).

A diversidade nas respostas indica que o entendimento dos alunos pode ser influenciado por uma série de fatores, incluindo a qualidade da educação científica recebida, o acesso a informações científicas corretas e as experiências pessoais com o meio ambiente.

### 3.2 Experimento da fotossíntese (3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> aula)

O experimento realizado buscou testar duas hipóteses levantadas pelos alunos em resposta à questão central: a primeira, defendida por uma aluna, sugeria que um aumento na concentração de CO<sub>2</sub> intensificaria a fotossíntese; a segunda, apoiada pela maioria, indicava que a elevação diminuiria o processo. Os resultados visuais do experimento (Figura 2 - imagens A e B) indicaram um aumento na produção de oxigênio pela planta que recebeu mais bicarbonato, confirmando a primeira hipótese.

Apesar do resultado observado, com as folhas da planta aquática *Limnophila sessiliflora*, popularmente conhecida como “Ambulia” (Floradobrasil, 2020), dois alunos relataram dificuldade em diferenciar as bolhas de oxigênio entre os recipientes. Isso pode ter ocorrido devido ao tamanho reduzido das bolhas que essas plantas aquáticas produzem em virtude da sua menor área foliar.

Para superar essa dificuldade, realizou-se outro experimento (Figura 2 - imagens C e D), desta vez com folhas de *Syzygium cumini*, conhecida como “jamelão” e “ameixa roxa” (Floradobrasil, 2020), considerando que têm maior superfície foliar. Ajustou-se a quantidade de bicarbonato para 3,5g e 7g, utilizou-se iluminação artificial das lanternas de celulares, aumentando-se o tempo para 1 hora de exposição à luz.

Os resultados foram semelhantes aos anteriores, porém, com uma diferença visual: as folhas que receberam 7g de bicarbonato exibiram bolhas de oxigênio com um aumento considerável no volume e número, em ambas as faces da folha. Em contraste, a folha com 3,5g mostrou bolhas somente na face inferior, enquanto a folha controle não demonstrou sinais visíveis de fotossíntese. Essa observação facilitou a análise por parte dos alunos e foi consistente com a literatura científica, que aponta um aumento na fotossíntese em maiores concentrações de CO<sub>2</sub> (Mortari, 2012).

**Figura 2** - Primeira e segunda aplicação do experimento de fotossíntese



**A** - Realização do experimento pelos estudantes.

**B** (1ª aplicação usando folhas de *Limnophila sessiliflora*) - primeiro recipiente (Controle - sem adição de NaHCO<sub>3</sub>); segundo recipiente (adição de 3g de NaHCO<sub>3</sub>); terceiro recipiente (adição de 6g de NaHCO<sub>3</sub>).

**C** (2ª aplicação usando folhas de *Syzygium cumini*) - primeira folha (Controle - sem adição de NaHCO<sub>3</sub>); folha no centro (adição de 7,5g de NaHCO<sub>3</sub>); terceira folha (adição de 3,5g de NaHCO<sub>3</sub>);

**D** (2ª aplicação usando folhas de *Syzygium cumini*) - Primeira folha (adição de 7,5g de NaHCO<sub>3</sub>); segunda folha (adição de 3,5g de NaHCO<sub>3</sub>).

**Fonte:** Os autores e Floradobrasil (2020).

### 3.3 Pesquisa e sistematização dos resultados no Padlet (4ª aula)

Essa fase de pesquisa possibilitou uma análise da relação entre o acréscimo na concentração de CO<sub>2</sub> e o seu impacto, tanto na fotossíntese quanto na composição nutricional das plantas. Diante das hipóteses formuladas, de que um aumento na taxa de fotossíntese poderia melhorar ou piorar a qualidade nutricional das plantas, a maior parte dos estudantes apoiou a segunda.

Utilizando as fontes de pesquisas presentes no *Padlet* (Figura 3), a turma descobriu que o excesso de CO<sub>2</sub> pode levar a um acúmulo desproporcional de carboidratos, diminuindo potencialmente a qualidade nutricional devido à redução relativa de outros nutrientes orgânicos, como as proteínas. A pesquisa de Wang et al. (2019) constatou que o aumento de CO<sub>2</sub> eleva o rendimento de grãos, mas reduz a concentração de proteínas e aminoácidos. Resultados demonstrados por Li et al. (2013) identificam uma repressão significativa de genes ligados ao metabolismo do nitrogênio sob condições de estresse térmico.

**Figura 3** - Resultados das pesquisas dos alunos dispostos no *Padlet*



Fonte: Os autores.

Um aluno buscou informações no *google* acadêmico e encontrou estudos que sugeriam melhorias no crescimento e desenvolvimento de plantas sob o incremento de CO<sub>2</sub>. Em análise coletiva do estudo em questão, explicou-se ao estudante que, de fato há melhorias, já que a taxa de fotossíntese aumenta, no entanto, essa análise considera apenas as variáveis “crescimento” e “desenvolvimento”, sem levar em consideração a ação combinada de outros fatores que também influenciam a taxa de fotossíntese, como o aumento da temperatura e o estresse hídrico. A análise em sala de aula, enriquecida pelo relatório do IPCC de 2023, mostrou a necessidade de considerar os efeitos integrados das mudanças climáticas no metabolismo vegetal e conseqüentemente na segurança alimentar da população.

### 3.4 Avaliação dos resultados e atividades de reflexões (5ª aula)

Na última aula, avaliamos os resultados das pesquisas por meio de uma discussão em grupo, comparando-os com os dados alarmantes sobre a conseqüência das emissões de CO<sub>2</sub> nos próximos anos (IPCC, 2023), havendo uma discussão sobre medidas que podem ser tomadas para reduzir as

emissões de CO<sub>2</sub>. Sobre isso, o estudante G destacou: “Mesmo que todas as empresas diminuíssem suas emissões, ainda haveria muitos veículos emitindo fumaça, muitos seres humanos poluindo.”

Diante deste comentário, os alunos foram questionados sobre suas contribuições para as emissões de CO<sub>2</sub>. A maioria acreditava não contribuir, fato que levou a calcular a “pegada ecológica” da estudante F. Santos, Xavier e Peixoto (2008, p. 29), explicam que a metodologia da Pegada Ecológica representa “uma ferramenta para medir, comunicar e comparar o desenvolvimento das nações, utilizando uma fundamentação teórico-empírica por meio de uma pesquisa bibliográfica realizada na literatura especializada”. Esses autores explicam ainda que:

A simplificação desse método permite que sejam estabelecidos referenciais de comparação entre indivíduos, cidades, regiões e nações. O principal objetivo desse indicador é subsidiar a tomada de decisão e conscientizar a respeito dos limites do crescimento com relação às questões ambientais (Santos; Xavier; Peixoto, 2008, p. 36)

Apesar das limitações de recursos, como a disponibilidade de celulares e o acesso ao laboratório, pedi a todos que seguissem o questionário e refletissem sobre suas próprias emissões em comparação com as da colega (estudante F). O resultado mostrou que se todas as pessoas vivessem como ela, seriam necessários quatro planetas Terra, e que a estudante emitia 11 toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente. O impacto desses números foi evidente, considerando a surpresa da aluna e a admiração da turma quando perceberam que suas emissões seriam superiores. Essa constatação se alinha ao estudo de Guedes (2015), que reportou a surpresa e a preocupação dos alunos com os impactos humanos no planeta.

A reação do estudante G, diante disso, foi significativa: “Nós somos como uma grande empresa que emite CO<sub>2</sub>!” Esse comentário refletiu uma racionalidade científica (Classe 4), mostrando que ele fez uma reflexão de que não somente as grandes corporações, mas cada um de nós, agindo individual ou coletivamente, contribuimos para as emissões por meio dos nossos estilos de vida.

A partir desse entendimento, propôs-se uma reflexão final sobre como cada um poderia alterar hábitos pessoais para reduzir suas emissões de CO<sub>2</sub>. As propostas dos alunos foram registradas no Quadro 2, juntamente com suas respectivas categorizações.

**Quadro 2** - Hábitos apontados pelos alunos para minimizarem as emissões de CO<sub>2</sub>

Quais hábitos você pode mudar para reduzir as emissões de CO <sub>2</sub> ?					
Aluno	Resposta	Classe	Aluno	Resposta	Classe
J	"Sou muito consumista. Então posso deixar de comprar algo desnecessário"	4	B	"Consumo muitas coisas que tem plástico, posso evitar esse consumo"	4
H	"Não sei"	0	C	"Eu posso balancear minha dieta, diminuindo quantidades de carboidratos."	4
I	"Comer menos besteiras (carboidratos)."	3	A	"Consumir menos plásticos."	3
F	"Consumir menos alimentos industrializados"	4	G	"Comprar menos coisas que tem muito plástico."	3
K	"Eu posso não deixar o ventilador ligado o dia todo."	4	M	"Reduzir o plástico."	3

Fonte: Os autores.

A tabela permite observar que os alunos classificados na Classe 4 deram respostas completas e fundamentadas, reconhecendo a necessidade de mudanças comportamentais específicas, em acordo com as observações de Guedes (2015) sobre a intenção de alguns alunos em reduzir o consumo de energia, alterar hábitos alimentares e utilizar mais a bicicleta.

Apenas uma aluna mostrou desinteresse, categorizada como classe 0. Isso pode refletir uma resistência à mudança e uma indiferença pelas questões ambientais. Os alunos da classe 3 sugeriram mudanças de hábitos sem, no entanto, demonstrar aplicação dessas mudanças em suas próprias vidas.

Bertolini e Possamai (2005, p.19) afirmam que:

Ser consciente ecologicamente não é vestir roupas com mensagens, mas reconhecer a parcela de responsabilidade nos problemas ambientais e possuir o desejo de encontrar as devidas soluções. A mudança no comportamento das pessoas é possível pela conscientização ambiental, podendo acarretar bons resultados ao meio ambiente.

Santos, Xavier e Peixoto (2008, p. 36), destacam “a importância de métodos de medição da sustentabilidade ambiental, como a Pegada Ecológica e Créditos de Carbono, para corroborar a construção do conceito de desenvolvimento sustentável”, considerando que está longe do fim das discussões sobre essa temática tão relevante para a humanidade, considerando o seu grau de complexidade e transformações das práticas sociais (Santos; Xavier; Peixoto, 2008).



#### 4 Considerações finais

O experimento sobre fotossíntese foi reconhecido como uma alternativa eficiente para a compreensão desse processo e a atividade investigativa levou os alunos a considerarem mudanças em seus próprios hábitos para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>.

Apesar dos resultados satisfatórios quanto ao experimento de fotossíntese, é preciso reconhecer a necessidade de aprimorar a metodologia de quantificação em futuras execuções, considerando a subjetividade da análise visual. Contudo, a resposta dos alunos em relação à clareza dos resultados na segunda aplicação do experimento demonstra a relevância de adaptar os métodos para facilitar o ensino científico.

Embora o caráter complexo do processo de fotossíntese tenha sido destacado por alguns estudantes, outros destacaram que as orientações didáticas foram cruciais para o entendimento, alinhando-se ao propósito das metodologias ativas de aprendizagem.

A inclusão da análise da “pegada ecológica” foi especialmente destacada pelos estudantes por considerarem a importância dessa atividade para o entendimento de que nós, individualmente, também contribuímos para as emissões de CO<sub>2</sub>. Para futuras iniciativas, a realização de uma avaliação individual poderia fortalecer a percepção dos estudantes e, considerando as reações e as sugestões dos discentes para a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, seria proveitoso debater como transformar essas ideias em iniciativas práticas por meio de projetos escolares.

#### Referências

- BERTOLINI, G. R. F.; POSSAMAI, O. Proposta de Instrumento de Mensuração do Grau de Consciência Ambiental, do Consumo Ecológico e dos Critérios de Compra dos Consumidores. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v.13, n.25/26, p.17-25, jan./dez. 2005. Disponível em <https://docplayer.com.br/56364524.html>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. Resolução Nº 510. Brasília, DF: MEC, 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 de maio de 2016. Disponível em: <http://bit.ly/2fmmKeD>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- CARDOSO, M. Ácido carbônico. *InfoEscola*, 2012. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/acido-carbonico/>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- CARNEIRO, S. P.; SILVA, J. O Teste Allium cepa no ensino de Biologia Celular: um estudo de caso com alunos da graduação. *Acta Scientiae*, v. 9, n. 2, julho/dez, 2007, p. 122-130. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/90/83>. Acesso em: 23 nov. 2023.
- DIMOV, L. F.; PECHLIYE, M. M.; JESUS, R. C. Caracterização ontológica do conceito de fotossíntese e obstáculos epistemológicos e ontológicos relacionados com o ensino deste

conceito. *Investigações em ensino de ciências*, p. 7-28, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/92>. Acesso em: 24 nov. 2023.

FAGUNDES, J. D.; PAULA, G. M.; LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A. Aquecimento global: efeitos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade de batata. *Ciência Rural*, v. 40, p. 1464-1472, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/D6BXGTRXch3vhGxVzXCQXrg/>. Acesso em: 23 nov. 2023.

FLORADOBRASIL. Flora do Brasil 2020. Jardim botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>. Acesso em: 02 nov. 2023.

FOGAÇA, J. R. V. Hidrólise Salina. *Mundo Educação*, 2013. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/hidrolise-salina.htm>. Acesso em: 23 nov. 2023.

GOMES, E. C.; FRANCO, O.; OLIVEIRA, X. L. S.; ROCHA, A. S. Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino da física. Araguaína, TO: EDUFT, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2431/1/Uso%20de%20simuladores%20para%200potencializar%20a%20aprendizagem%20no%20ensino%20de%20F%C3%ADsica.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

GORDIANO, A.; XAVIER, M. Os pressupostos da aprendizagem significativa e o conceito de fotossíntese. Atas do XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências-XII ENPEC. Natal-RN, 2019. Disponível em: [https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/listaresumos\\_1.htm](https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/listaresumos_1.htm). Acesso em: 22 nov. 2023.

GUEDES, V. Pegada ecológica como recurso didático em atividades de educação ambiental on-line. Educação. *UNISINOS [online]*. v.19, n. 2, p. 283-289. 2015. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/view/edu.2015.192.12>. Acesso em: 23 nov. 2023.

IPCC. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero(eds.)] Geneva, Switzerland, pp.1-34, 2023. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf). Acesso em: 10 nov. 2023.

LI, Y-F; WANG, Y.; TANG, Y.; KAKANI, V. G; MAHALINGAM, R. Transcriptome analysis of heat stress response in switchgrass (*Panicum virgatum* L.). *BMC Plant Biology*, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24093800/> Acesso em: 28 nov. 2023.

LIMA, M. E. C. C.; MARTINS, C. M. C. Ensino de Ciências por Investigação. FAE/UFMG, Belo Horizonte, p. 1-35, 2013. Disponível em: <https://cenfopciencias.files.wordpress.com/2011/07/apostila-ensino-por-investigac3a7c3a3o.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2023.

LIRA, J. C. L. Carbonação. *InfoEscola*, 2010. Disponível em: <https://www.infoescola.com/reacoes-quimicas/carbonacao>. Acesso em: 23 nov. 2023.

MORTARI, L. C. Efeitos de uma atmosfera enriquecida com CO2 sobre a fotossíntese, o crescimento e o metabolismo de carboidratos do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). 2012. *Dissertação (Mestrado em Botânica)* - Instituto de Biociências, University of São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-01052013-113711/>. Acesso em: 28 nov. 2023.

OLIVEIRA, R. D. F.; ALVES, J. W. S. *Mudanças Climáticas Globais no Estado de São Paulo*. 2ª ed. São Paulo: SMA, 2014. Disponível em: <https://repositorio.cetesb.sp.gov.br/items/bfadf135-8c4d-4dc8-83aa-1a590e349037/full>. Acesso em: 23 nov. 2023.

SANTOS, M. F. R. F.; XAVIER, L. S.; PEIXOTO, J. A. A. Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. *Revista Gerenciais*, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331227111004>. Acesso em: 9 abr. 2024.

VARGAS, M. A. M.; DOURADO, A. M.; FREDRICH, M. S. L. Diálogos e práticas no campo da pesquisa qualitativa. Itaiutaba-MG, Ed. Barlavento, 2021. 608 p. Disponível em: <https://asebabaolorigbin.files.wordpress.com/2021/02/dialogos-e-praticas-1.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2023.

WANG, J.; HASEGAWA, T.; LI, L.; LAM, S. K.; ZHANG, X.; LIU, X.; PAN, G. Changes in grain protein and amino acids composition of wheat and rice under short-term increased [CO2] and temperature of canopy air in a paddy from East China. *New Phytologist*, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30586149/>. Acesso em: 28 nov. 2023.