

Luz, cor e reação! A fotossíntese como base para discussão de conceitos químicos

Douglas Costa da Silva e Gabriel José Soares Coura

Utilizando os processos de fotossíntese e respiração celular como base, este artigo explora a utilização de um experimento interdisciplinar para abordar os conceitos químicos vinculados a esses fenômenos biológicos. O experimento é uma adaptação que utiliza materiais de baixo custo para evidenciar os processos biológicos e viabilizar com maior amplitude sua utilização. Ele permite a observação de fenômenos químicos como alterações no pH, formação de ácidos, classificação de compostos químicos, reações de oxirredução e absorção de gases, fornecendo uma gama extensa de conteúdos a serem trabalhados em quaisquer dos anos do Ensino Médio. Para além disso, há o destaque da possibilidade de adaptação do experimento para diferentes contextos educacionais, devido à grande quantidade de conteúdos vinculados, o que tende a promover uma abordagem colaborativa entre as disciplinas que compõem o currículo das Ciências da Natureza, permitindo assim a compreensão sobre fenômenos naturais de forma integrada.

► experimentação, fotossíntese, interdisciplinaridade ◀

Recebido em 28/05/2024; aceito em 24/10/2024

1

Introdução

A capacidade de relacionar conceitos para explicar um fenômeno pode ser considerada um indicador da alfabetização científica. Essa relação, por sua vez, é uma das principais características da interdisciplinaridade (Mozena e Ostermann, 2014). Dessa forma, a abordagem interdisciplinar pode ser uma importante ferramenta para que o processo de ensino e aprendizagem de Ciências seja efetivo em alfabetizar cientificamente os estudantes. Esse processo pode ser feito explorando conceitos que emergem a partir de uma situação-problema ou fenômenos.

Nesse contexto, a exploração de fenômenos como a respiração celular e a fotossíntese na disciplina de Química possibilita a integração entre conceitos químicos e biológicos. Esses fenômenos tradicionalmente são explorados em disciplinas de Ciências da Natureza, no Ensino Fundamental, e de Biologia, no Ensino Médio, não sendo discutidos na Química com frequência. Com isso, diversos conceitos químicos relacionados a esses processos biológicos deixam de ser discutidos e isso reflete na dificuldade encontrada tanto por estudantes quanto por professores durante a abordagem dessas temáticas (Trazzi e Brasil, 2017).

Em uma pesquisa feita na base de dados *Periódicos CAPES*, na qual foram utilizadas as palavras-chave “interdisciplinaridade, fotossíntese e química” e selecionados os filtros “revisão por pares, artigos e delimitação de tempo (2017 a 2024)”, apenas um resultado foi obtido: o trabalho de Medeiros *et al.* (2018). Isso reforça o argumento apresentado anteriormente de que fenômenos de natureza biológica não são frequentemente utilizados em aulas de Química, em especial no que diz respeito às práticas experimentais.

No trabalho supracitado, as autoras utilizaram um experimento similar ao que descrevemos neste texto para discutir os processos de fotossíntese e respiração celular durante um minicurso para alunos de um curso técnico. As autoras desenvolveram a atividade experimental baseada na estratégia Predizer-Observar-Argumentar (POA), a partir da qual alguns conceitos químicos foram utilizados para explicar os resultados observados no experimento. Pelo trabalho, nota-se que os conceitos já eram de conhecimento dos estudantes, ou seja, o experimento não foi utilizado para abordar tais conceitos, como é o foco deste artigo.

Apesar da semelhança entre as propostas, os materiais utilizados pelas autoras podem dificultar a replicação em escolas com recursos limitados para a realização de atividades



experimentais. Além disso, o foco da proposta do trabalho de Medeiros *et al.* (2018) estava nos processos de fotossíntese e respiração celular, sem destaque para outros conceitos químicos que podem emergir desses processos biológicos.

A fotossíntese é um fenômeno realizado por plantas, algas, alguns protistas e bactérias. Nesse fenômeno, pigmentos como a clorofila captam a energia de fótons de comprimentos de onda característicos para promover a transformação de dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O) em carboidratos ([CH₂O]_n) e oxigênio (O₂) (Equação 1).



A respiração celular, por sua vez, é um processo a partir do qual as células produzem energia por meio da oxidação de carboidratos. No caso da respiração aeróbica, o oxigênio é usado como agente oxidante. Por meio desse fenômeno, os carboidratos são transformados em dióxido de carbono e água (Equação 2).



O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta interdisciplinar de discussão de conceitos químicos a partir de um experimento, adaptado de Santos *et al.* (2018), por meio do qual os processos de fotossíntese e respiração celular são evidenciados.

Procedimento experimental

O procedimento para a preparação e execução do experimento está contido no material suplementar a este trabalho. Conforme descrito no material, é importante destacar que os resultados do experimento podem ser visualizados após o período de, no mínimo, um dia, o que deve ser levado em consideração no planejamento da sequência didática a partir do procedimento experimental. O Quadro 1 apresenta um resumo das condições testadas no experimento, assim

Quadro 1: Possibilidades de condições que podem ser testadas durante o experimento, utilizando soluções indicadoras obtidas a partir do repolho roxo.

Tubo	Descrição dos tubos contendo solução indicadora	Cor da solução indicadora - Início	Cor da solução indicadora - Final
1	Tubo descoberto	arroxeadado	arroxeadado
2	Tubo coberto com plástico filme e papel alumínio	arroxeadado	arroxeadado
3	Tubo, contendo folha, coberto, apenas com plástico filme	arroxeadado	arroxeadado
4	Tubo, contendo folha, coberto com plástico filme e papel alumínio	arroxeadado	rosáceo

Fonte: autores.

como as cores das soluções a serem observadas no início e no final do mesmo.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta interdisciplinar de discussão de conceitos químicos a partir de um experimento, adaptado de Santos *et al.* (2018), por meio do qual os processos de fotossíntese e respiração celular são evidenciados.

Adaptações consideradas para o experimento

Para simplificar a proposta e viabilizá-la em termos de custos, foram utilizados materiais disponíveis no ambiente escolar, com exceção das vidrarias. O extrato de repolho roxo (*Brassica oleracea*) foi empregado como indicador de pH, pois seu uso é possível devido à presença de “pigmentos

da classe dos flavonoides, responsáveis pela coloração azul, vermelha e roxa de diversos tecidos vegetais, inclusive flores e frutos. As transformações estruturais nas moléculas desses pigmentos, que ocorrem quando há variação no pH do meio, são responsáveis pelas mudanças de coloração observadas” (Soares *et al.*, 2001).

Foi necessário escolher a planta que forneceria as folhas para o experimento. Pela facilidade de obtenção foi escolhida a vinca (*Catharanthus roseus*), pois essa planta é amplamente usada como ornamental (Cordeiro, 2019). Para cada experimento, utilizam-se duas folhas, conforme as observações requeridas.

Organização experimental

Como os processos observados são naturais e influenciados pela luz, é necessário comparar o pH da solução com e sem sua presença. Para isso, o experimento é simples (como descrito e ilustrado no material suplementar), envolvendo a exposição dos tubos de ensaio. Esse arranjo permite estudar a taxa de ocorrência dos fenômenos, com base nas alterações das soluções, promovidas pelos produtos resultantes dos processos de fotossíntese e respiração celular.

Resultados e discussão

Observações acerca do experimento

O experimento propõe observar as taxas de fotossíntese e respiração celular comparando a quantidade de dióxido de carbono produzido e absorvido pelas folhas. O CO₂

dissolvido na solução altera o pH ao formar e ionizar o ácido carbônico, mudando a cor da solução indicadora. Essa variação de pH é visível ao final do experimento, como mostrado na Figura 1.



Figura 1: Resultado experimental após o tempo de espera (Solução de extrato de repolho roxo). A mudança de cor foi observada no tubo contendo a folha que não ficou exposta à luz. Fonte: autores.

A mudança da coloração ocorreu do arroxeadado para um tom rosáceo, indicando factualmente a redução do pH da solução, comprovada comparando as cores às presentes na escala apresentada na Figura 2, adaptada da proposta de Santos *et al.* (2019). Além disso, pode-se levantar a hipótese da diferença no tempo para a dissolução do CO₂ pela solução, havendo necessidade de menor, ou maior, tempo de espera para a realização do experimento. Com isso, os conteúdos que emergem dessa discussão se expandem, possibilitando a abordagem de diversas temáticas, como será destacado na próxima seção.



Figura 2: Escala de cores apresentada pela solução indicadora em função do pH para o extrato de repolho roxo. Fonte: os autores, adaptado de Santos et al., 2019.

Os conceitos relacionados ao experimento

Fotossíntese e respiração celular são processos de oxirredução que envolvem transformações entre compostos orgânicos e inorgânicos. Com base no experimento, pode-se explorar tanto a classificação de compostos químicos quanto os processos de oxirredução. A Figura 3 compara esses processos aos eletrodos de uma célula eletroquímica. Assim, os resultados do experimento podem ser explicados por analogia às reações eletroquímicas, comparando a respiração às reações de pilhas, nas quais a reação gera energia a ser dissipada por meio de um fluxo de elétrons, e

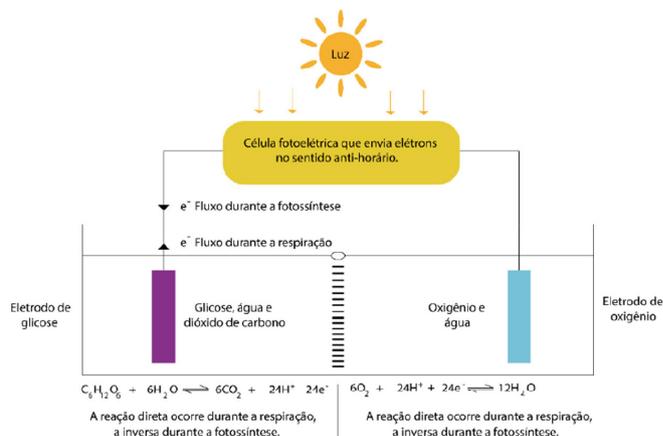


Figura 3: Os processos de fotossíntese e respiração celular podem ser comparados a uma célula eletroquímica. Fonte: Adaptado de MacDonald, 1995.

a fotossíntese ao processo de eletrólise, em que a energia luminosa impulsiona a formação de carboidratos.

A mudança de cor da solução indicadora abre espaço não só para a discussão sobre escala de pH e os diferentes indicadores, mas também para os óxidos, em especial os óxidos ácidos (como é o caso do CO₂). A mudança de cor da solução com a produção de CO₂ pode ser utilizada para explorar fenômenos causados por ele e outros óxidos ácidos, tais como a chuva ácida, o branqueamento de recifes de corais e a combustão. No caso do último fenômeno, a respiração celular pode ser descrita como um processo de combustão controlada. Partindo da discussão sobre óxidos ácidos, o processo de fotossíntese anoxigênica também pode ser explorado, destacando, por exemplo, o uso de sulfeto de hidrogênio (H₂S) por algumas bactérias, no lugar da água, como fonte de elétrons, o que ocorre em ambientes com baixo pH e ricos em enxofre. Além disso, visando uma expansão das maneiras como a interdisciplinaridade pode ser trabalhada, conteúdos do campo da Física como óptica, ondas eletromagnéticas e energia podem ser abordados. Cabe acrescentar a possibilidade de se estudar práticas de enriquecimento e adubação do solo, levando em conta as condições de descarte das folhas de repolho citadas no material suplementar.

A implementação do experimento e suas limitações

A natureza interdisciplinar de uma prática experimental a torna versátil do ponto de vista contextual. Ou seja, o contexto de aplicação é variável. O experimento proposto pode ser utilizado em uma sequência de ensino nas disciplinas de Biologia, Química, em alguma eletiva da área de Ciências da Natureza ou até mesmo de forma colaborativa entre professores de Química e Biologia, na qual diferentes aspectos do experimento podem ser trabalhados por cada professor. A forma de execução da prática também pode ser modificada conforme as estratégias pedagógicas e o tempo disponível para a sua realização, podendo ser parte de uma Atividade Experimental Problemática (AEP), como destaca o trabalho de Ferreira *et al.* (2022) ou uma

experimentação demonstrativa para apresentação dos conteúdos, por exemplo. Além disso, como utiliza materiais de baixo custo, o experimento pode ser implementado em escolas com poucos recursos.

Apesar de o experimento possibilitar a abordagem de diversos conceitos químicos e biológicos, ele possui algumas limitações. Do ponto de vista químico, a solução de antocianinas deve ser utilizada após um preparo recente, pois essas substâncias sofrem degradação com facilidade. Ademais, por meio do aspecto visual, não é possível determinar o produto responsável pela diferença entre as colorações dos sistemas iluminado e não-iluminado. Além disso, as mudanças no pH do sistema podem ser avaliadas de forma qualitativa não evidenciando o nível de acidez exato provocado pelo acúmulo do dióxido de carbono na condição sem iluminação. Assim, para compensar esses aspectos, o experimento pode ser associado a outros, que envolvam quantificação do dióxido de carbono nas soluções antes e após a realização dos testes experimentais e determinação do pH do sistema de forma quantitativa (com um pHmetro, por exemplo).

Considerações finais

Apesar de a atividade experimental ter como foco

evidenciar a ocorrência dos processos de respiração celular e fotossíntese, uma série de temáticas e conceitos químicos podem ser explorados a partir do experimento. Além de propiciar o desenvolvimento de habilidades de observação, elaboração de hipóteses e análise crítica, abre espaço para que o professor explore diversos conceitos a partir da problemática dos processos biológicos. Isso não só desperta o interesse dos estudantes nos resultados observados, mas também abre espaço para a apropriação de conceitos químicos por meio da relação entre diferentes fenômenos. Uma abordagem integrada de conteúdos conceituais, de forma interdisciplinar, potencializa a atribuição de sentido para conhecimentos específicos tanto da Biologia quanto da Química.

Douglas Costa da Silva (douglas.costa@caxias.ifrs.edu.br) é licenciado em Química e Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais, mestre em Química pela Universidade Federal de Viçosa e doutorando do programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente é professor EBTT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), *Campus Caxias do Sul*. **Gabriel José Soares Coura** (gabrieljsc@ufmg.br) é licenciado em Química pela Universidade Federal de Viçosa e mestrando em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professor de Química e Itinerários Formativos na Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais.

4

Referências

CORDEIRO, S. Z. *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Herbário Prof. Jorge Pedro Pereira Carauta (HUNI) – UNIRIO, 2019. Disponível em: <https://www.unirio.br/ccbs/libio/herbariohuni/catharanthus-roseus-l-g.don>, acesso em abr. 2024.

FERREIRA, M.; SILVA, A. L. S.; FILHO, O. L. S. e PORTUGAL, K. O. Atividade Experimental Problematizada (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 27, n. 1, p. 308-322, 2022.

MACDONALD, J. J. Photosynthesis: why does it occur? *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 12, p. 1113-1114, 1995.

MEDEIROS, E. F.; SILVA, M. G. L. e LOCATELLI, S. W. A argumentação e o potencial metacognitivo de uma atividade experimental baseada na POA (previsão-observação-argumentação). *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 29, p. 27-42, 2018.

MOZENA, E. R. e OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica

sobre interdisciplinaridade no ensino de Ciências da Natureza. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014.

SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. e FURLAN, C. M. *A Botânica no cotidiano*. São Paulo: Edusp, 2018.

SANTOS, V. M. S.; MATIAS, T. B.; GOMES, S. I. A. A.; GIUSTI, E. D. e STADLER, J. P. Emprego do extrato de *brassica oleracea l.* como indicador alternativo de pH em titulações ácido-base: uma atividade experimental integradora para o ensino de química. *Experiências em Ensino de Ciências (EENCI)*, v. 14, n. 1, p. 143-159, 2019.

SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. e ANTUNES, P. A. Aplicação de extratos brutos de flores de quaresmeira e azaléia e da casca de feijão preto em volumetria ácido-base. Um experimento para cursos de análise quantitativa. *Química Nova*, v. 24, n. 3, p. 408-411, 2001.

TRAZZI, P. S. S. e BRASIL, E. D. F. Aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular na perspectiva histórico-cultural. *Kiri-kerê: Pesquisa em Ensino*, v. 2, p. 137-154, 2017.

Abstract: *Light, color and reaction! Photosynthesis as a basis for discussing chemical concepts.* Using the processes of photosynthesis and cellular respiration as a foundation, the article explores the application of an interdisciplinary experiment to address the chemical concepts linked to these biological phenomena. The experiment, an adaptation, employs low-cost materials to highlight the biological processes and broaden the accessibility of its implementation. The experiment allows the observation of chemical phenomena such as pH changes, acid formation, chemical compound classification, redox reactions, and gas absorption, providing a wide range of content to be addressed in any year of high school education. Furthermore, the article emphasizes the possibility of adapting the experiment to different educational contexts, due to the broad scope of related content. This flexibility fosters a collaborative approach among the disciplines within the Natural Sciences curriculum, thus facilitating an integrated understanding of natural phenomena.

Keywords: experimentation, photosynthesis, interdisciplinarity

Produção das soluções indicadoras

As soluções indicadoras podem ser produzidas de diversas maneiras, como, por exemplo, adicionando às folhas do vegetal, uma porção de água fervente (Valderrama *et al.*, 2016). Todavia, o método utilizado para extrair o grupo de substâncias na execução desse experimento foi por meio do álcool etílico 70° INPM como agente extrator.

Materiais

Para essa proposta, são requeridos os seguintes materiais: quatro tubos de ensaio, um suporte para tubos, barbante, folhas de alumínio e plástico filme. Cada um dos tubos deve ser numerado, de forma a facilitar a organização dos dados coletados, possibilitando, por exemplo, a construção de um quadro, como exemplificado no Quadro 1, para descrição das observações realizadas. É necessária, também, uma solução indicadora com mudança de coloração notável em uma faixa de pH que evidencie a formação de ácido carbônico a partir da dissolução do dióxido de carbono. Além disso, é necessária a utilização de folhas vegetais, visto que essas estruturas tornam possível a observação dos fenômenos que motivam a realização do experimento.

Procedimento

O procedimento se inicia com a enumeração dos quatro tubos a serem utilizados. Em seguida, adicionam-se aproximadamente 2 mL de solução indicadora e 1 mL de água em cada um deles. As folhas colhidas da vinca são fixadas, com o auxílio de barbantes, nos tubos de número três e quatro, garantindo que não entrem em contato com a solução. Em seguida, os tubos são vedados com plástico filme, e os tubos dois e quatro são envoltos em papel alumínio para evitar a exposição à luz, conforme ilustrado na Figura 1S. Todos os

tubos são então expostos à luz por cerca de um dia, a fim de analisar a ocorrência dos fenômenos de fotossíntese e respiração celular.



Figura 1S: Estrutura do experimento com a utilização do extrato de repolho roxo. Fonte: autores.

O primeiro tubo, contendo apenas a solução indicadora, funciona como controle, permitindo identificar qualquer alteração de cor nas outras soluções. O segundo tubo, com uma folha fixada, possibilita a comparação entre as taxas de fotossíntese e respiração celular, contrastando com o quarto tubo. O terceiro tubo, sem folha e protegido da luz, serve para observar possíveis mudanças causadas pela exposição à luz. O quarto tubo, contendo uma folha e protegido da luz, permite analisar o fenômeno da respiração celular sem a ocorrência da fotossíntese, com expectativa de alteração na cor da solução.

Referências

VALDERRAMA, L.; PAIVA, V. B.; MARÇO, P. H. e VALDERRAMA, P. Proposta experimental didática para o ensino de análise de componentes principais. *Química Nova*, v. 39, n. 2, p. 245-249, 2016.