



Ministério da Educação – Brasil  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM  
Minas Gerais – Brasil  
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas  
ISSN: 2238-6424  
QUALIS/CAPES – LATINDEX  
Nº. 22 – Ano XI – 10/2022  
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

## **Modelo de Formatação para Artigos Submetidos VOZES**

### **Influência da ecologia evolutiva nos ciclos fotossintéticos das plantas**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thamyres Sabrina Gonçalves  
Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM/MG - Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9344141153227617>  
E-mail: [sabrina5thamy@yahoo.com.br](mailto:sabrina5thamy@yahoo.com.br)

Prof. Dr. Alexandre Christófaro Silva  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM/MG - Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3234555183136504>  
E-mail: [alexandre.christo@ufvjm.edu.br](mailto:alexandre.christo@ufvjm.edu.br)

**Resumo:** Os ciclos fotossintéticos das plantas tem sido objeto de cada vez mais discussões nas pesquisas em diferentes áreas de conhecimento, pois de alguma forma o modo com que as plantas respiram indica sobre seu comportamento no passado, presente e futuro. Assim sendo determinar se o ciclo fotossintético de uma planta é C3, C4 ou CAM é de grande valia para muitos estudos científicos de diferentes áreas. Por esse motivo, o objetivo desse trabalho foi trazer uma resenha da 6ª edição do livro Fisiologia e Desenvolvimento vegetal com relação à influência da ecologia evolutiva nos ciclos fotossintéticos das plantas, trazendo sem prejuízo aos direitos autorais todas as informações contidas na obra a respeito desse tema que é imprescindível aos estudiosos da fitogeografia da vegetação brasileira. E assim sendo foi possível perceber que partir da fisiologia vegetal é um profícuo caminho para melhorar o entendimento dos processos que conduzem as espécies de plantas entre os mecanismos fitossintéticos C3, C4 e CAM.

**Palavras-chave:** Evolução. Paisagens. Fitogeografia. Vegetação. Ciclos Biogeográficos.

## Introdução

Os ciclos fotossintéticos das plantas tem sido objeto de cada vez mais discussões nas pesquisas em diferentes áreas de conhecimento, pois de alguma forma o modo com que as plantas respiram indica sobre seu comportamento no passado, presente e futuro. Assim sendo determinar se o ciclo fotossintético de uma planta é C3, C4 ou CAM é de grande valia para muitos estudos científicos de diferentes áreas.

Todavia apesar de muito serem citados cada um dos diferentes ciclos fotossintéticos em que se enquadram as espécies que compõem a imensurável diversidade de plantas que já existiu no planeta, pouco se tem publicado a respeito de como esses processos se relacionam com a história evolutiva das plantas, o que deixa uma lacuna na compreensão de como reconstituir a história da vegetação no contexto desse importante processo fisiológico que é o de respiração das plantas.

Em termos de fisiologia e desenvolvimento vegetal, uma contribuição de valor incalculável foi dada pelos organizadores de um referencial teórico com quase mil páginas do que há de mais robusto e aprofundado na literatura científica mundial, disponível em formato impresso e virtual e escrito em língua portuguesa, com um rico acervo de ilustrações que em ótima resolução exemplificam processos ajudando na compreensão dos temas abordados ao longo de dezenas de capítulos, escritos e revisados por pesquisadores de renome internacional em fisiologia e desenvolvimento vegetal.

Apesar de ser um referencial com toda a importância supracitada, a referida obra talvez não esteja tão acessível a muitos pesquisadores, sobretudo por ser vendida na maior parte das livrarias acadêmicas por um preço que ultrapassa 30% de um salário mínimo no Brasil, o que torna a aquisição inviável para a maior parte dos pesquisadores, como alunos de iniciação científica, mestrandos, doutorandos e porque não dizer professores da educação básica. Por esse motivo, o objetivo desse trabalho foi trazer uma resenha da 6ª edição do livro Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal com relação à influência da ecologia evolutiva nos ciclos fotossintéticos das plantas, trazendo sem prejuízo aos direitos autorais todas as informações contidas na obra a respeito desse tema que é imprescindível aos estudiosos da fitogeografia da vegetação brasileira.

## **Resenha – Como as plantas evoluíram seu modo de respirar: C3, C4, CAM**

O que difere o mecanismo fotossintético de uma planta definindo-a como C3 ou C4 está na forma com que ela absorve o carbono disponível na atmosfera para sua respiração, já que este elemento está disponível em diferentes formas, as plantas podem então absorvê-lo em diferentes compostos moleculares, de modo que algumas absorvem compostos com quatro moléculas de Carbono e são chamadas C4, outras o absorvem na forma de 3 compostos com três moléculas, e são denominadas plantas C3, desse modo a forma com que as plantas assimilam o Carbono na atmosfera define a distribuição fitogeográfica de plantas C3 e C4 no planeta em termos de predominância nas paisagens.

Outro mecanismo para captação de carbono que as plantas desenvolveram é o chamado Metabolismo Ácido das Crassuláceas, que é uma importante variação na forma de respiração, e leva esse nome porque foi observado pela primeira vez em uma espécie da família Crassulaceae, um grupo de plantas popularmente conhecidas como suculentas, que abrem seus estômatos para respirar e obter carbono da atmosfera durante a noite, ao contrário das plantas C3 e C4, que o fazem diuturnamente, além disso, as plantas CAM possuem características morfológicas para minimizar ao máximo a perda de água durante o dia, como cutículas grossas, vacúolos grandes e estômatos com aberturas bem pequenas.

Algumas espécies CAM captam carbono somente a noite independente do ambiente, enquanto outras utilizam esse mecanismo apenas quando submetidas a estresse hídrico ou salino, por isso algumas são consideradas como CAM obrigatórias e outras CAM facultativas, de todo modo plantas CAM são altamente eficientes no uso da água disponível no sistema, e isso garante seu sucesso reprodutivo por meio da diversificação e especiação, sobretudo em ambientes limitados em disponibilidade de água, pois algumas espécies conseguem abrir seus estômatos em noites frias e mantê-los completamente fechados ao longo de dias quentes e secos, e ainda, diversas espécies de plantas CAM são capazes de adaptar seu padrão de mecanismo fotossintético as variações ambientais em longo prazo, mas essa forma de regulação requer a expressão de numerosos genes CAM em resposta aos sinais de estresse ao longo do tempo evolutivo na espécie.

As plantas com os mecanismos C4 e CAM provavelmente surgiram ao longo dos últimos 35 milhões de anos, as espécies C4 passaram a ser predominantes nas

vegetações campestres entre 6 e 10 milhões de anos atrás. No caso de plantas C4 a fotossíntese resulta em menos  $\text{CO}_2$  nos espaços entre as células e isso garante que essas plantas consigam respirar com menor abertura nos estômatos, e assim possuem menores taxas respiratórias com relação às espécies C3, por isso a fotossíntese C4 evoluiu como um dos principais mecanismos de captação de carbono atmosférico utilizado por plantas terrestres para compensar as limitações dos níveis de  $\text{CO}_2$  atmosférico que foram cada vez mais baixos desde o Plioceno.

As plantas C4 evoluíram a partir de ancestrais C3 há cerca de 30 milhões de anos, em resposta a pressões ambientais, como alterações na composição atmosférica, mudanças climáticas globais, períodos de seca e radiação solar intensa. Portanto com base na ecologia evolutiva, o mecanismo fotossintético ancestral é a fotossíntese C3, sendo C4 uma rota derivada. Durante períodos geológicos pretéritos, quando as concentrações de  $\text{CO}_2$  atmosférico eram muito mais elevadas que as atuais, a difusão de  $\text{CO}_2$  através dos estômatos para o interior das folhas teria resultado em taxas fotossintéticas mais elevadas em espécies C3, mas não em espécies C4. Assim sendo, a evolução da fotossíntese C4 é uma adaptação bioquímica a uma atmosfera com limitação de  $\text{CO}_2$ , podendo ter evoluído no âmbito do período quaternário recente, há cerca de 20 milhões de anos.

Mas a transição de um ciclo fotossintético C3 para C4 demanda mudanças em toda a estrutura anatômica da planta, principalmente a folha, para que ela possa adaptar sua abertura estomática a uma mudança na rota metabólica que direciona o método de absorção de carbono da atmosfera, estudando esses processos foi possível perceber que a evolução convergente está na base da origem da maior parte das espécies C4.

De modo geral ambientes demasiadamente quentes limitam muito a capacidade de respiração de uma planta de ciclo C3 sendo as C4 de maior sucesso nesses lugares onde tendem a ser dominantes na paisagem, embora existam plantas C4 tolerantes também ao resfriamento que se desenvolvem em ambientes de clima mais frio, o que sugere parcimônia nas generalizações quanto ao mecanismo C4 com relação ao clima.

No caso das plantas CAM o fechamento dos estômatos durante o dia para evitar a perda de água em regiões áridas e semiáridas parece não ser a única base evolutiva desse grupo de plantas, pois também são encontradas espécies com

metabolismo CAM entre as plantas aquáticas, então é possível que esse mecanismo esteja associado à obtenção de carbono orgânico nas terrestres e também inorgânico quando ocorre em plantas aquáticas.

A presença de espécies de ampla distribuição geográfica na vegetação moderna é muito importante no caso da utilização de isótopos de  $^{13}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}$  como proxy em reconstituições paleoambientais, pois a adaptabilidade dessas plantas a diferentes condições climáticas lhes confere a capacidade de se ajustar bioquimicamente as condições ideais para a sobrevivência em cada ambiente em que se desenvolve.

E afinal quais são os valores típicos das razões entre isótopos de carbono de plantas? De acordo com os autores do livro que deu origem a essa resenha, espécies C3 têm um valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  de cerca de  $-28\text{‰}$ ; as espécies C4 têm um valor médio de cerca de  $-14\text{‰}$ . As espécies CAM podem ter valores ora muito próximo a plantas C3 ora a C4 a depender do ambiente em que ocorrem. Mas há outros referenciais teóricos consagrados na reconstituição de paleoambientes que trazem padrões de razão isotópica discordantes desses valores supracitados.

## **Conclusão**

A obra resenhada traz ao longo de quase mil páginas, informações muito esclarecedoras sobre o tema estudado, e majoritariamente não disponíveis em artigos científicos de um modo geral, pois a tendência é que estes foquem suas discussões naturalmente em torno de seus resultados, já um livro que tem o intuito de fornecer a base didática sobre tudo que envolve a fisiologia vegetal discute as teorias mais importantes sobre cada um dos temas tratados.

E assim sendo foi possível perceber que partir da fisiologia vegetal é um profícuo caminho para melhorar o entendimento dos processos que conduzem as espécies de plantas entre os mecanismos fitossintéticos C3, C4 e CAM, isso consequentemente melhora as interpretações dos resultados de análises multiproxy de reconstituições paleoambientais, tornando-as menos limitadas quanto as questões naturalmente subjetivas inerentes ao desafio da tentativa de acessar o passado histórico das vegetações, dos climas e também da história humana.

A ideia é que essa resenha seja apenas um ponto de partida para busca de mais conhecimento sobre cada uma das informações fornecida nesse sintético compilado de informações baseadas num clássico da fisiologia vegetal.

### Referências

GONÇALVES, Thamyres Sabrina. *Origem e evolução fitogeográfica dos capões de mata associados aos ecossistemas de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional-MG*. 2021. Tese de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Taiz, L., Zeiger, Eduardo., Møller, Ian. Max., & Murphy, Angus. (Orgs.) (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora. 888p.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

[www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes)

QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524

ISSN: 2238-6424