



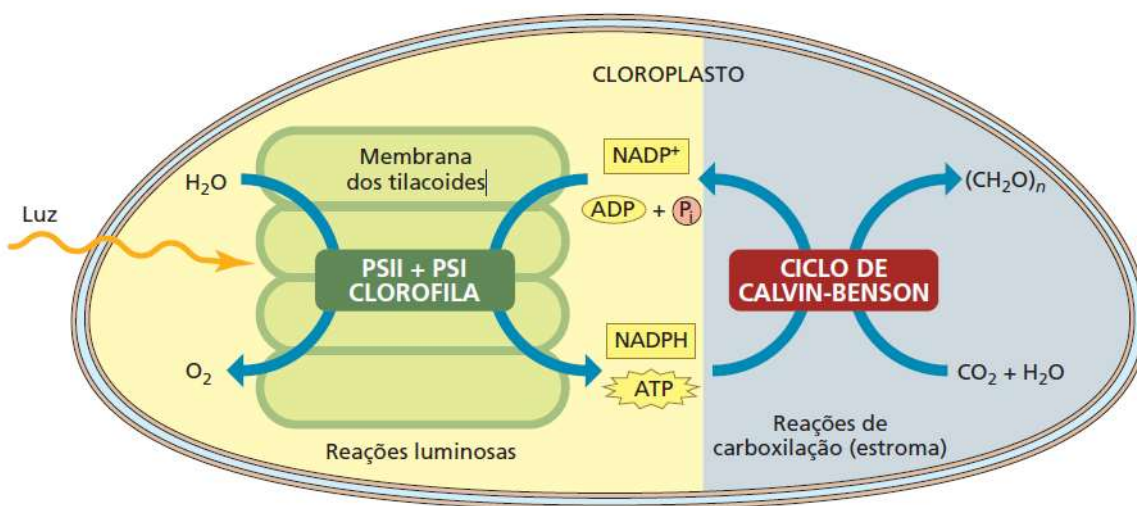
Estudo dirigido 10 – GABARITO

1. Por que é incorreto afirmar que a fotossíntese é dividida em fase clara e fase escura ou dependente e independente de luz?

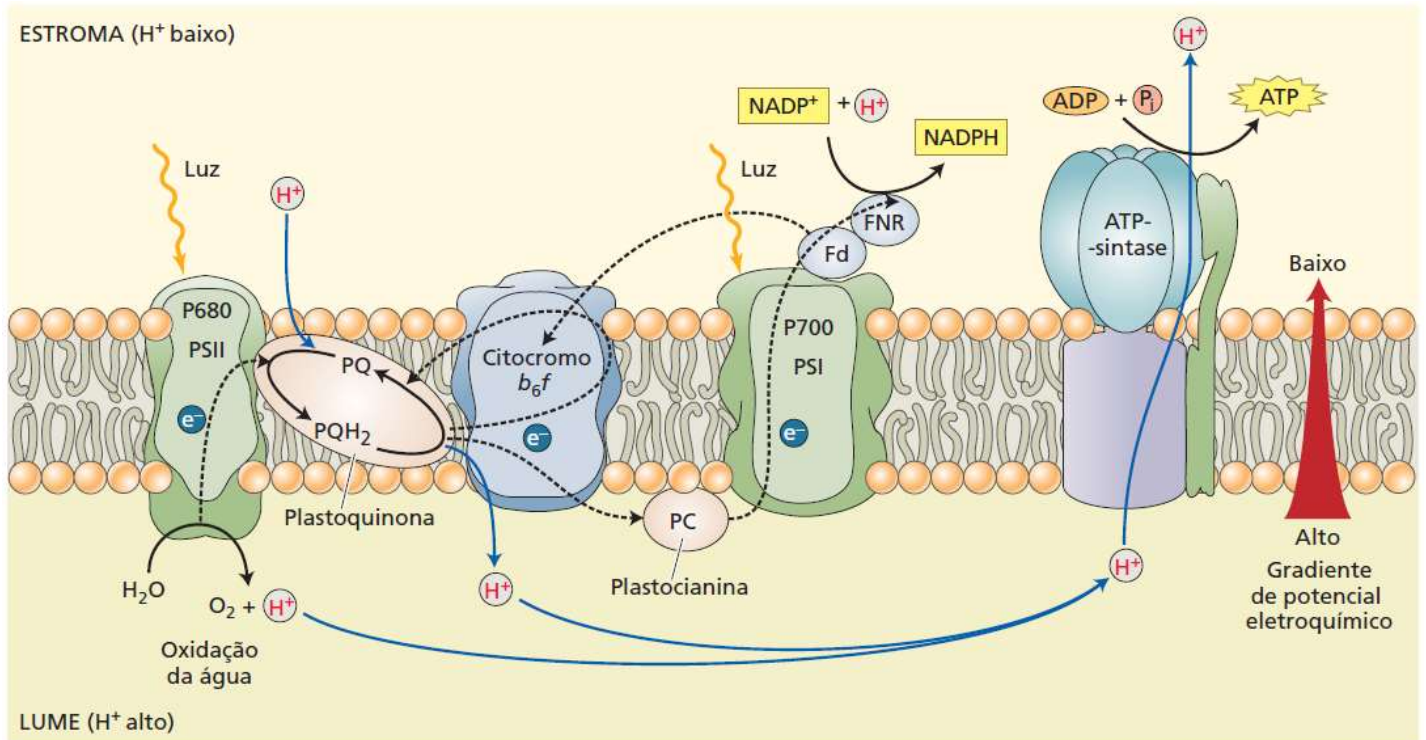
É importante compreender que a divisão entre “fase clara” e “fase escura” não reflete completamente a complexidade dos processos envolvidos na fotossíntese e que as fases estão interconectadas e interdependentes. Uma vez que as moléculas de ATP e NADPH, que são produtos da “fase clara”, ou fase fotoquímica, são usadas na fixação do dióxido de carbono e na subsequente síntese de glicose e outros compostos orgânicos. Sem essas moléculas energéticas geradas na fase fotoquímica, a “fase escura”, ou fase bioquímica, não poderia ocorrer.

2. Em qual organela ocorre a fotossíntese? Dentro desta, onde ocorre a fase fotoquímica e a fase bioquímica?

A fotossíntese ocorre nos cloroplastos. A fase fotoquímica ocorre na membrana dos tilacóides, enquanto que a fase bioquímica ocorre no estroma do cloroplasto. Como ilustrado abaixo:



3. Ilustre o esquema da fase fotoquímica da fotossíntese relacionando os complexos proteicos (fotossistemas) e suas funções.



Fotossistema II (FSII): onde a energia luminosa é absorvida pela clorofila (P680). Essa energia excita os elétrons na clorofila e os transfere para uma molécula aceitadora de elétrons, chamada plastoquinona (PQ). O PSII é responsável pela oxidação da água, resultando na liberação de oxigênio (fotólise da água) e na produção de prótons (H^+) no lúmen dos tilacoides.

Plastoquinona (PQ): A PQ é uma molécula transportadora de elétrons que aceita os elétrons excitados do Fotossistema II. Ela transporta os elétrons ao longo da membrana dos tilacoides. Além disso, a plastoquinona bombeia prótons (H^+) do estroma para o lúmen dos tilacoides, contribuindo para o gradiente de prótons.

Citocromo *b₆f*: Essa proteína transportadora de elétrons atua como uma estação intermediária na cadeia de transporte de elétrons, transferindo elétrons dos transportadores anteriores para o próximo complexo proteico, chamado plastocianina.

Plastocianina (PC): A plastocianina é uma proteína transportadora de elétrons que aceita elétrons do citocromo *b₆f*. Ela transporta os elétrons para o Fotossistema I.

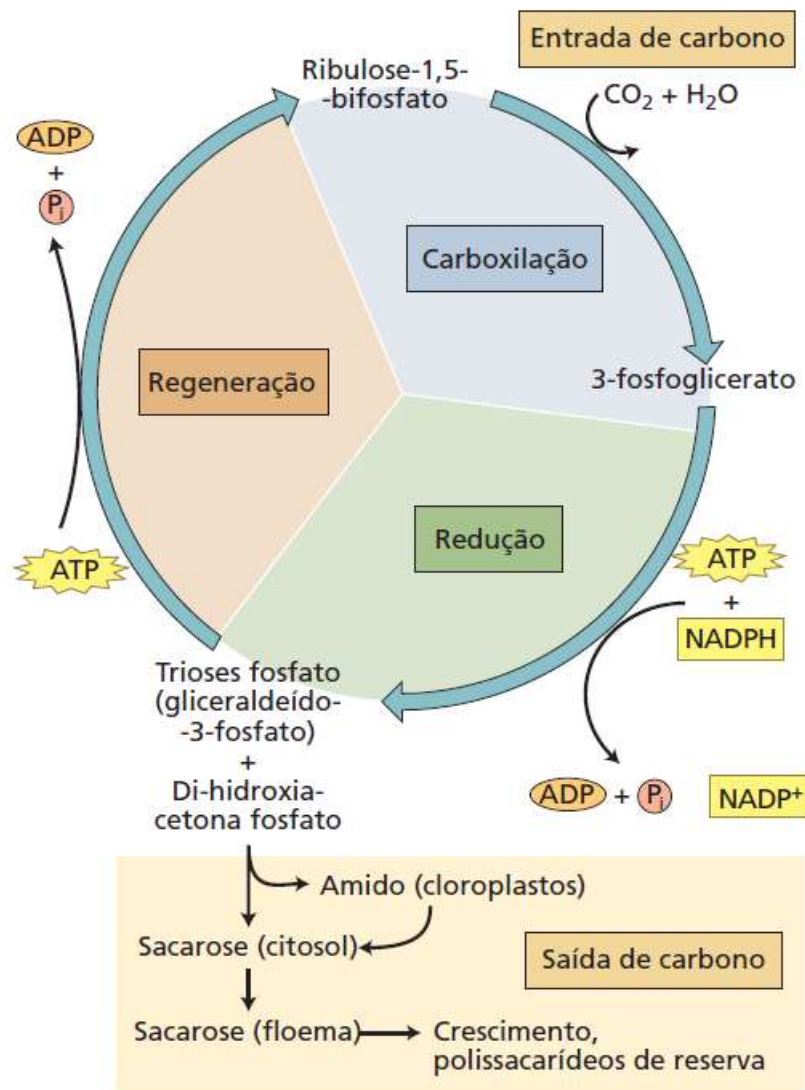
Fotossistema I (PSI): No Fotossistema I, a energia luminosa é absorvida (P700), excitando elétrons e transferindo-os para outra proteína transportadora de elétrons, a ferredoxina (Fd).

Ferredoxina (Fd): A ferredoxina aceita elétrons do Fotossistema I e os transporta para uma série de enzimas envolvidas na produção de NADPH, como a ferredoxina-NADP⁺ redutase.

Ferredoxina-NADP+ Redutase (FNR): Essa enzima utiliza os elétrons da ferredoxina para reduzir o NADP+ a NADPH. O NADPH é uma molécula de alta energia que é essencial para as reações posteriores da fotossíntese.

ATP-Sintase: desempenha um papel fundamental na conversão da energia potencial armazenada no gradiente de prótons em energia química na forma de ATP durante a fotossíntese. Os prótons acumulados no lúmen dos tilacoides criam uma diferença de concentração de prótons em relação ao estroma. Essa diferença de concentração de prótons é uma forma de energia potencial armazenada. A ATP sintase consiste em duas partes principais: a porção F1 e a porção F0. A porção F0 é uma estrutura transmembrana que permite o fluxo de prótons do lúmen de volta para o estroma. À medida que os prótons fluem de volta para o estroma, eles passam pela porção F0, gerando energia mecânica. A energia mecânica gerada pelo fluxo de prótons faz com que a porção F0 gire, transferindo essa energia para a porção F1, que está localizada no estroma. A porção F1 é onde ocorre a síntese de ATP. A energia mecânica é usada para unir o ADP e o Pi, formando a molécula de ATP.

4. Descreva as fases do Ciclo de Calvin-Benson, evidenciando os produtos formados em cada fase.
 - i. **Fixação do CO₂:** A primeira fase do Ciclo de Calvin envolve a fixação do CO₂ atmosférico. Isso ocorre quando uma molécula de CO₂ se liga a uma molécula de ribulose-1,5-bisfosfato (RuBP) com a ajuda da enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO). O resultado dessa reação é a formação de duas moléculas de ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA). Cada 3-PGA contém três átomos de carbono.
 - ii. **Redução do 3-PGA:** Na segunda fase, as moléculas de 3-PGA são convertidas em gliceraldeído-3-fosfato (G3P) por meio de uma série de reações que consomem ATP e NADPH. Para cada três moléculas de CO₂ fixadas, seis moléculas de G3P são formadas. Uma das seis moléculas de G3P é direcionada para a produção de carboidratos, enquanto as outras cinco são regeneradas na terceira fase do ciclo.
 - iii. **Regeneração de RuBP:** Na terceira fase, as cinco moléculas de G3P restantes são usadas para regenerar RuBP, que é essencial para continuar o ciclo. Para regenerar uma molécula de RuBP, é necessário consumir três moléculas de ATP. O ciclo continua repetidamente, convertendo continuamente CO₂ em compostos orgânicos, regenerando RuBP e produzindo G3P.



5. Em qual etapa do Ciclo de Calvin-Benson os produtos formados na fase fotoquímica (ATP e NADPH) são utilizados?

As moléculas de NADPH são utilizadas na redução do 3-fosfoglicerato em Trioses Fosfato (gliceraldeído-3-fosfato) e Di-hidroxiacetona fosfato (Fase de Redução).

As moléculas de ATP também são utilizadas na Fase de Redução, e na Fase de Regeneração, regenerando as Trioses Fosfato em Ribulose-1.5-bifosfato.

6. Porque a fotorrespiração é considerada como um gasto energético desnecessário em plantas C3? Quais os fatores que influenciam no balanço do Ciclo de Calvin-Benson e a Fotorrespiração.

A fotorrespiração é considerada um gasto energético desnecessário, pois não contribui para a produção líquida de glicose e outros compostos orgânicos. Em vez disso, consome energia e recursos sem gerar compostos orgânicos úteis. As plantas

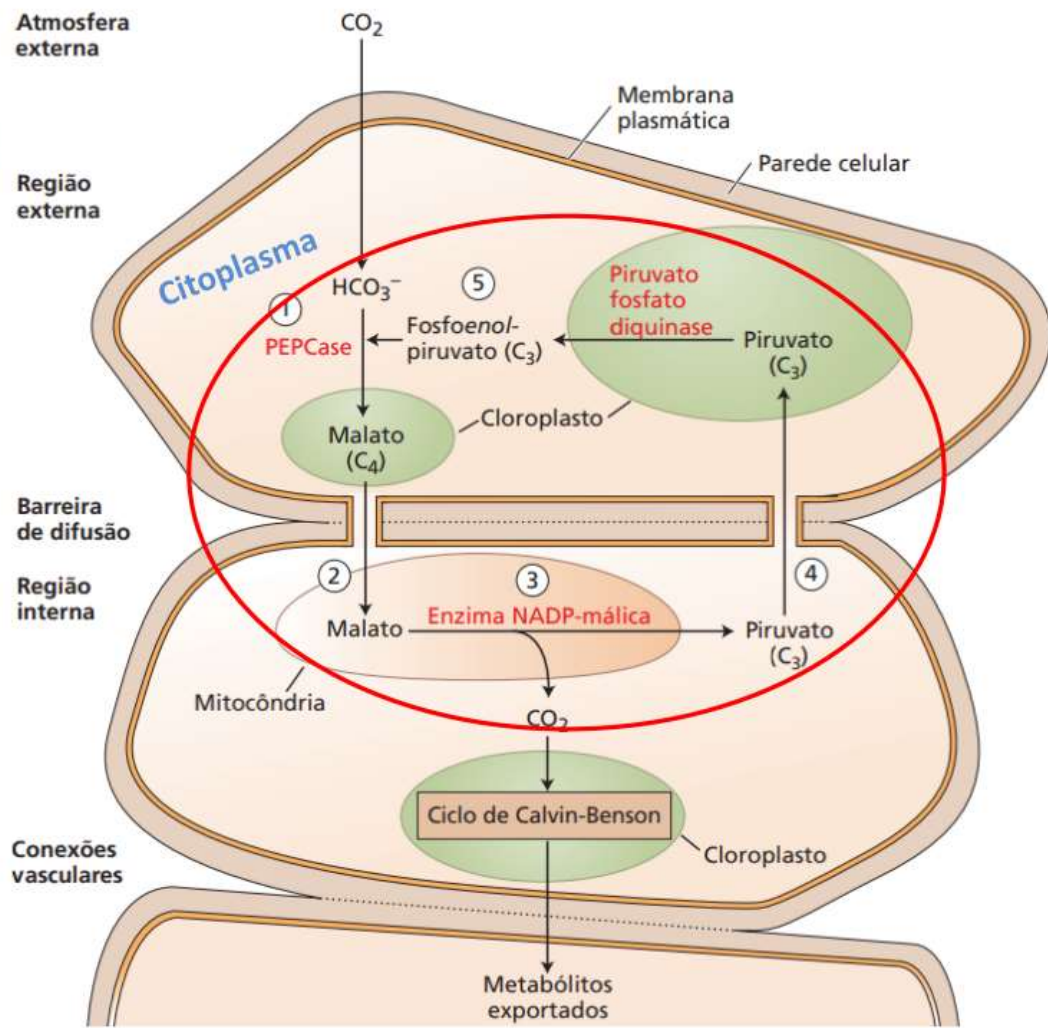
C3, em condições ótimas, preferem a fixação eficiente de CO₂ pelo Ciclo de Calvin-Benson, mas a fotorrespiração é ativada em condições desfavoráveis, tornando-se um processo ineficiente e dispendioso do ponto de vista energético. Plantas C4 e CAM evoluíram mecanismos que minimizam a fotorrespiração, permitindo a fixação mais eficiente de CO₂ em condições desafiadoras. Alguns dos principais fatores que influenciam o balanço entre o Ciclo de Calvin-Benson e a fotorrespiração nas plantas C3 incluem:

- **Altas temperaturas:** Em condições de altas temperaturas, a fotorrespiração se torna mais provável. Isso ocorre porque a solubilidade do oxigênio no meio intracelular aumenta em temperaturas elevadas, e a enzima ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase/oxigenase (RuBisCO), que desempenha um papel chave no Ciclo de Calvin-Benson, tem uma afinidade reduzida pelo CO₂ e uma afinidade aumentada pelo O₂ em altas temperaturas. Como resultado, a RuBisCO pode fixar o oxigênio em vez de CO₂, favorecendo a fotorrespiração.
- **Concentração de Oxigênio:** Altas concentrações de oxigênio, em relação ao CO₂, tornam mais provável que a RuBisCO fixe o oxigênio em vez do CO₂.
- **Concentração de CO₂:** Baixas concentrações de CO₂ aumentam a probabilidade de ocorrência da fotorrespiração, uma vez que a RuBisCO tem uma maior afinidade pelo oxigênio em comparação ao CO₂ quando o CO₂ é limitante.
- **Estresse Hídrico:** Em situações de estresse hídrico, as plantas podem fechar os estômatos para evitar a perda excessiva de água por transpiração. Isso pode levar ao acúmulo de oxigênio nas células, aumentando a probabilidade de fotorrespiração, uma vez que a entrada de CO₂ diminui.

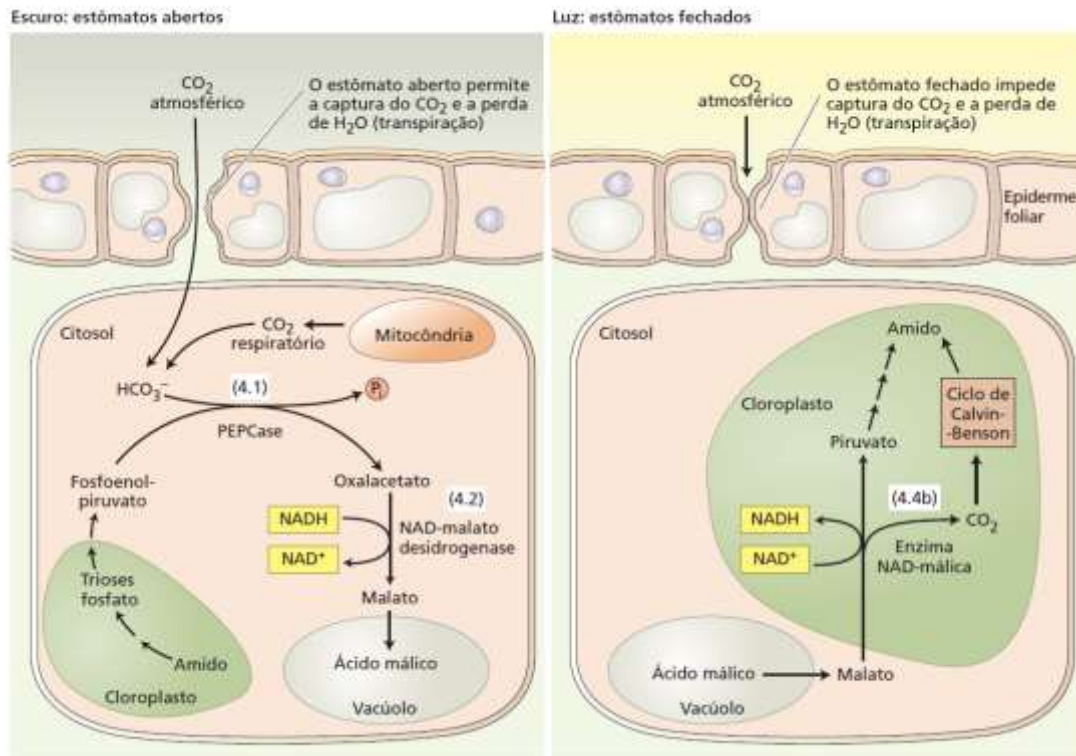
7. Como são classificadas as plantas quanto ao mecanismo de assimilação de carbono. Explique as principais diferenças entre estes mecanismos.

- **C3:** Plantas que só executam o Ciclo de Calvin para a assimilação de C, RuBisCO incorpora CO₂ em uma molécula de ribulose-1,5-bisfosfato (5C) gerando duas moléculas de 3- fosfoglicerato (3C);

- **C4:** Plantas com uma prévia fixação de CO₂ em um composto com 4C (Oxaloacetato-OAA). A primeira reação de carboxilação é realizada pela PEP Carboxilase, que utiliza HCO₃⁻, e não CO₂ ou O₂. Plantas que crescem com alta intensidade de luz e temperatura.



- **CAM: Plantas com uma prévia fixação de CO₂ em um composto com 4C (OAA-Malato) e utilização dele em tempos diferentes. Plantas que crescem em ambientes quentes, com muito sol e com pouca água**



8. Por que a cana-de-açúcar, uma planta C₄, é considerada mais eficiente na fixação de carbono e ganho de biomassa do que a soja, uma planta C₃?

A cana-de-açúcar (uma planta C₄) é considerada mais eficiente na fixação de carbono e no ganho de biomassa em comparação com a soja (uma planta C₃) por várias razões, que estão relacionadas principalmente às adaptações do mecanismo C₄ em ambientes quentes e ensolarados. Como:

- **Eficiência em Altas Temperaturas:** As plantas C₄, como a cana-de-açúcar, são altamente adaptadas a altas temperaturas e intensa luminosidade. Em climas quentes, onde as temperaturas frequentemente superam 30°C, as plantas C₃, como a soja, são mais suscetíveis à fotorrespiração, que é um gasto energético desnecessário. Plantas C₄ minimizam a fotorrespiração devido à sua eficiência na fixação de CO₂.
- **Minimização da Perda de Água:** As plantas C₄, como a cana-de-açúcar, têm uma eficiente supressão da abertura de estômatos durante o dia para evitar a perda de água, uma adaptação particularmente útil em regiões áridas e quentes.

- **Alta Eficiência de RuBisCO:** As plantas C4 têm uma concentração mais alta de CO₂ nas proximidades da RuBisCO, a enzima responsável pela fixação de CO₂. Isso ocorre devido à primeira etapa da fixação de CO₂ que ocorre nas células do mesófilo, onde o CO₂ é incorporado em ácidos orgânicos de quatro carbonos. Isso minimiza a competição com o oxigênio e a fotorrespiração.
- **Maior Produção de Biomassa:** Devido à maior eficiência na fixação de CO₂, à menor fotorrespiração e à maior resistência a condições quentes e secas, as plantas C4, como a cana-de-açúcar, tendem a produzir uma quantidade significativamente maior de biomassa em comparação com plantas C3, como a soja, nas mesmas condições.

9. Complete as lacunas com base nas diferenças entre o metabolismo C4 e CAM:

Plantas C4 possuem uma separação **espacial** na fixação e assimilação de CO₂, enquanto as plantas CAM executam o ciclo C4, mas com uma separação **temporal**.

10. Durante muito tempo, acreditou-se que o O₂ formado durante a fotossíntese era proveniente do CO₂, mas hoje sabemos que isto não é verdade. Explique esta afirmação, mencionando de onde o O₂ é proveniente.

O O₂ liberado durante a fotossíntese não é proveniente da quebra das moléculas de CO₂, como se acreditava anteriormente, mas sim da fotólise da água. Esse processo é essencial para a geração de oxigênio na atmosfera e para o funcionamento contínuo da fase fotoquímica da fotossíntese, que é a primeira etapa na conversão da energia luminosa em energia química utilizável nas plantas.