

doi: 10.33447/paubrasilia.2021s.e0041s  
2021;4(Supl):e0041s  
eISSN: 2595-6752



# Botânica *em* DIA

SIMONE ALVES DAMASCENO   

ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA  

MARLA IBRAHIM UEHBE DE OLIVEIRA  

## APRESENTAÇÃO

O presente material é uma fonte de consulta para professores de Ciências e Biologia da rede pública e particular de ensino, cujo intuito seja trabalhar a Botânica em sala de aula de maneira precisa e dinâmica. Espera-se que esta área da Biologia não seja mais vista como difícil ou complexa de ser tratada. Há necessidade de os conteúdos relacionados a esse campo do conhecimento serem discutidos em sala de aula por se tratarem de base para diferentes abordagens no Ensino Médio.

Como o nosso principal foco é trabalhar a Botânica, selecionamos, primeiramente, conteúdos dentro da Anatomia e Morfologia Vegetal para uma visão geral dessa área do conhecimento. Logo depois, a Fisiologia Vegetal é abordada a partir do processo de fotossíntese, juntamente com os elementos que fazem parte da condução do mesmo, como os pigmentos e as organelas. Além disso, são indicadas as etapas desse procedimento e algumas plantas com mecanismos C3, C4 e, finalmente, CAM.

Temos a expectativa de que o uso desta ferramenta didática seja útil nas aulas de Botânica, servindo de estímulo também para mostrar, quando necessário, o real significado e importância que as plantas e essa área de conhecimento possuem para a vida, nas suas diversas formas.

As autoras.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>2. A CÉLULA VEGETAL</b>	<b>3</b>
<b>3. ANATOMIA VEGETAL</b>	<b>4</b>
3.1. EPIDERME	4
3.2. PERIDERME	6
3.3. PARÊNQUIMA	7
3.4. ESCLERÊNQUIMA	8
3.5. COLÊNQUIMA	9
3.6. XILEMA	10
3.7. FLOEMA	12
3.8. ESTRUTURAS SECRETORAS	13
<b>4. MORFOLOGIA VEGETAL</b>	<b>14</b>
4.1. RAIZ	15
4.2. CAULE	17
4.3. FOLHA	18
4.4. FLOR	19
4.4. FLOR	20
<b>5. FOTOSSÍNTESE</b>	<b>20</b>
5.1. CLOROPLASTOS	20
5.2. PIGMENTOS	21
5.3. FOTOSSISTEMAS	21
5.4. REAÇÕES DA FOTOSSÍNTESE	23
5.4.1. <i>Etapa fotoquímica (reação de Hill)</i>	23
5.4.2. <i>Etapa química (ciclo de Calvin)</i>	24
5.4.3. <i>Fixação do tipo C3</i>	24
5.4.4. <i>Fixação do tipo C4</i>	24
5.4.5. <i>Fixação do tipo CAM</i>	25
<b>6. ATIVIDADES COMPLEMENTARES</b>	<b>25</b>
6.1. ATIVIDADE 1	25
6.2. ATIVIDADE 2	25
<b>7. GLOSSÁRIO</b>	<b>26</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os vegetais fazem parte do nosso dia a dia, estando presentes nele direta ou indiretamente, desde as paisagens à alimentação, ou da folha de papel à roupa que vestimos. Na antiguidade, as plantas já eram utilizadas para diversas finalidades, como no preparo de equipamentos para a caça e construção de alojamentos (Furlan et al., 2008).

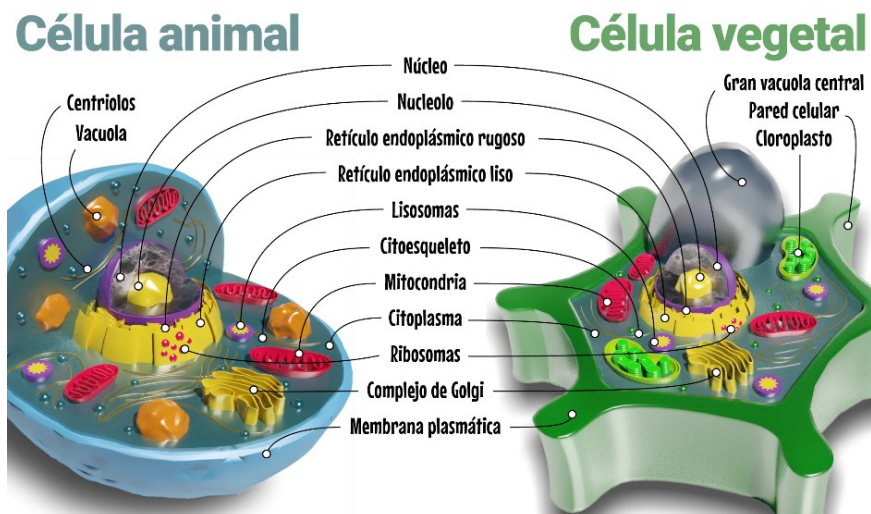
Assim, o estudo da Botânica mostra-se fundamental, propiciando saberes que podem ser utilizados a curto ou longo prazos para lidar com problemas, como poluição e escassez de alimentos (Evert; Eichhorn, 2014).

## 2. A CÉLULA VEGETAL

A célula é o elemento básico e estrutural dos organismos vivos. De modo geral, pode ser procariótica, apresentando núcleo sem envoltório e encontrada em bactérias e cianobactérias; ou eucariótica, com núcleo organizado em uma membrana. Estas últimas são encontradas em animais, vegetais, protozoários e fungos (Esau, 1974; Castro et al., 2005).

Células vegetais apresentam particularidades, como a presença de uma parede celular, de vacúolos e plastídios (Figura 1).

Figura 1. Célula vegetal e suas diversas estruturas. (Fonte: [emtic educación, tecnología, metodología](#). Acesso em: 26 fev 2021. CC BY-SA 2.0).



A parede celular recobre externamente a membrana plasmática, apresentando a função de proteger, dar forma e rigidez à célula. O vacúolo possui água, açúcares, enzimas, íons inorgânicos, metabólitos secundários, atuando como reservatório de substâncias. Ainda tem função na regulação das trocas de água que ocorrem no processo de osmose. Quando a célula é jovem, vários vacúolos são encontrados dentro dela; porém, torna-se único quando a célula atinge a maturidade, ocupando boa parte da mesma (Esau, 1974; Castro et al., 2005).

Os plastídios são estruturas envolvidas por dupla membrana, possuem seu próprio genoma e se autoduplicam, assimilam nitrogênio e enxofre. Eles têm participação na fotossíntese, além de produzir aminoácidos e ácidos graxos. Existem diversos tipos de plastídios, como leucoplastos e cromoplastos. Os primeiros são desprovidos de cor e armazenam substâncias. Um exemplo deles são os amiloplastos, que depositam amido encontrado em tubérculos, por exemplo (Taiz; Zeiger, 2004; Castro et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009).

Os cromoplastos possuem pigmentação em seu interior e ocorrem em várias flores, frutos e em raízes como a cenoura. Existem cromoplastos vermelhos (eritroplastos), que se desenvolvem em frutos maduros como o tomate (Taiz; Zeiger, 2004; Castro; et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009). Um dos cromoplastos mais famosos são os cloroplastos (Figura 1).

Eles são frequentes em plantas e possuem como principal componente a clorofila, de cor verde. Eles participam da fotossíntese, através da qual a planta, na presença de luz, produz compostos orgânicos a partir de substâncias inorgânicas. Esse processo é facilitado pela presença de pigmentos, como a clorofila e carotenoides (Taiz; Zeiger, 2004; Castro; et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009).

Enzimas relacionadas ao controle da fotossíntese encontram-se em membranas que formam os tilacoides. Quando estes estão empilhados, como se fossem moedas, são chamados de grana. Todos estão imersos em uma matriz denominada estroma (Taiz; Zeiger, 2004; Castro; et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009).

### 3. ANATOMIA VEGETAL

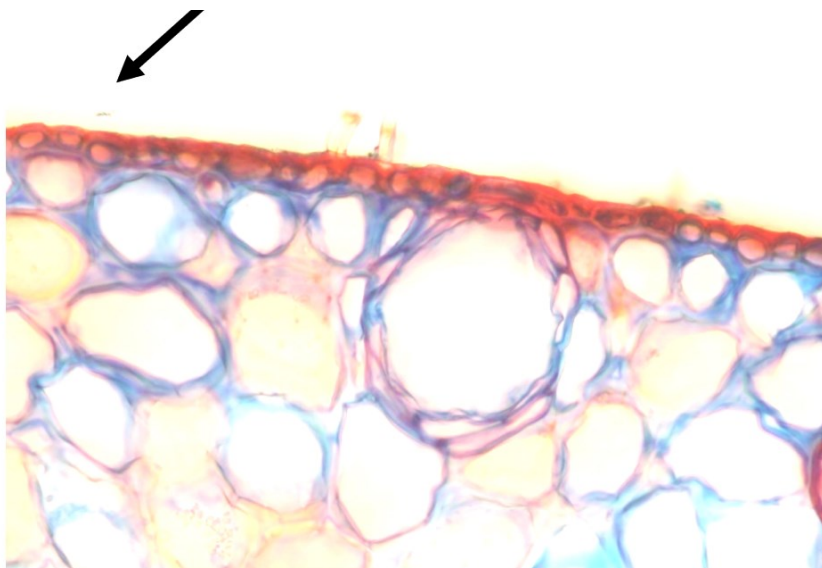
Este é o ramo da Botânica que estuda a estrutura interna das plantas. Assim como a maioria dos seres vivos, os vegetais apresentam em sua composição corporal células que, em conjunto, podem se diferenciar de outros grupos em estrutura e/ou função, formando assim tecidos (Esau, 1974). Vejamos abaixo alguns tipos de células e tecidos.

#### 3.1. Epiderme

É uma camada fina que reveste a parte externa do corpo vegetal. Suas células variam em formato, sendo geralmente achatadas e bem unidas, de modo a impossibilitar lacunas intercelulares (com exceção dos estômatos). Exemplos típicos de células epidérmicas são as células-guarda dos estômatos, tricomas, pelos absorventes da raiz, etc. (Cutter, 1986).

Nas paredes das células epidérmicas de órgãos aéreos há a presença de uma camada denominada cutícula (Figura 2), a qual protege e inviabiliza a transpiração excessiva do vegetal.

Figura 2. Corte transversal no pecíolo de uma folha, com a seta indicando a cutícula espessa acima das células epidérmicas. (Fonte: M. Ibrahim)



Essa camada é mais espessa em plantas adaptadas a altos níveis de radiação, como aquelas pertencentes à família Cactaceae (Figura 3). Estas vivem normalmente em ambientes com baixos níveis pluviométricos, e precisam investir na economia de água para sobreviver (Vannucci; Resende, 2003).

Figura 3. Planta com folhas modificadas em espinhos e flores vistosas, pertencente à família Cactaceae. (Fonte: M. Ibrahim)

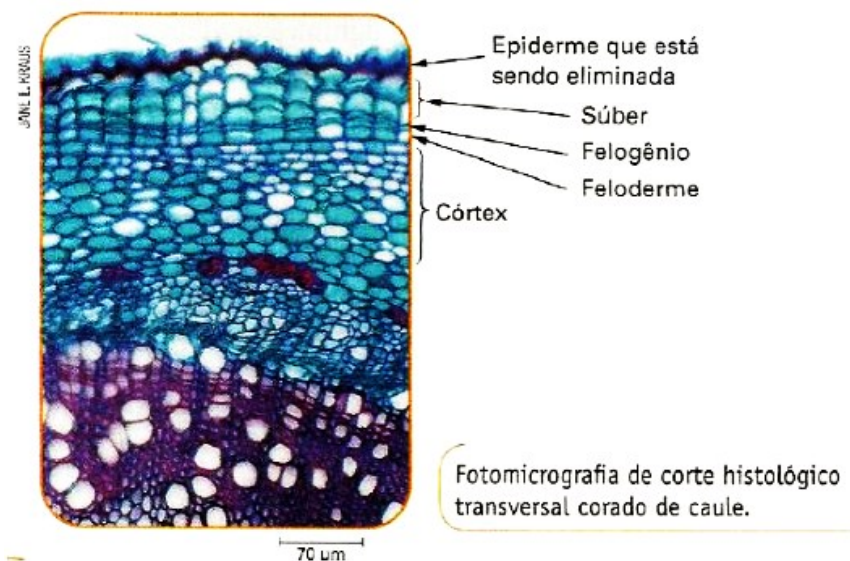


### 3.2. Periderme

É um revestimento de origem secundária, que substitui a epiderme em caules e raízes com crescimento secundário em espessura. É formada por felogênio, súber e feloderme (Figura 4). O primeiro é o meristema secundário lateral, ocorrendo próximo à superfície dos órgãos, formando súber

para fora e feloderme para dentro. O súber é um tecido compacto, impermeável, com a parede celular possuindo deposição de suberina. A feloderme se desenvolve em direção ao centro do órgão vegetal, apresentando poucas células (Esau, 1974).

Figura 4. Estruturas que constituem a periderme: felogênio, súber e feloderme. (Fonte: Maria Fernanda Barreiro Álvaro/Wikimedia Commons, [CC BY-SA 4.0](https://commons.wikimedia.org/licenses/by-sa/4.0/). Acesso em: 27 fev 2021)



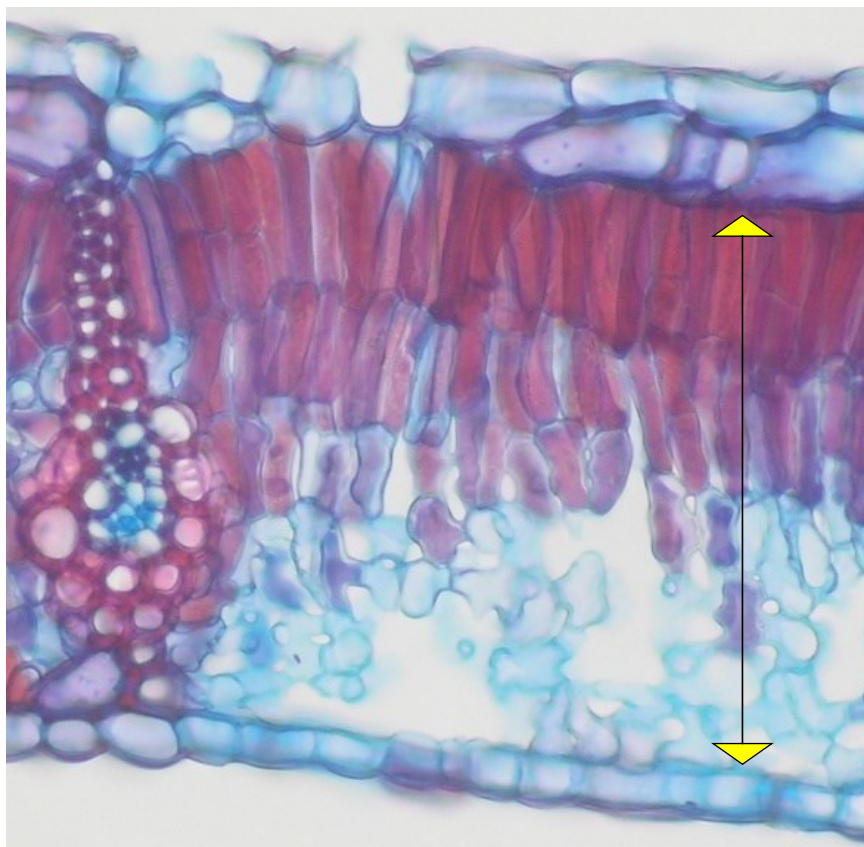
### 3.3. Parênquima

É o tecido mais comum no corpo vegetal, constituindo células da camada medular do córtex de caules e raízes, além do mesófilo de folhas (Figura 5), endosperma de sementes, polpa de frutas (Esau, 1974; Cutter, 1986). Está associado com o xilema e floema, auxiliando na fotossíntese, reserva de substâncias, cicatrização e surgimento de estruturas adventícias.

Apresentam células com formatos variados, sendo as isodiamétricas as mais comuns. O conteúdo varia de acordo com o metabolismo que cada uma realiza – podem possuir cristais, óleos, amido, plastídios (Esau, 1974). Seus principais tipos são: preenchimento ou fundamental, clorênquima ou fotossintetizante, armazenamento ou reserva, e transporte (Vannucci; Resende, 2003).



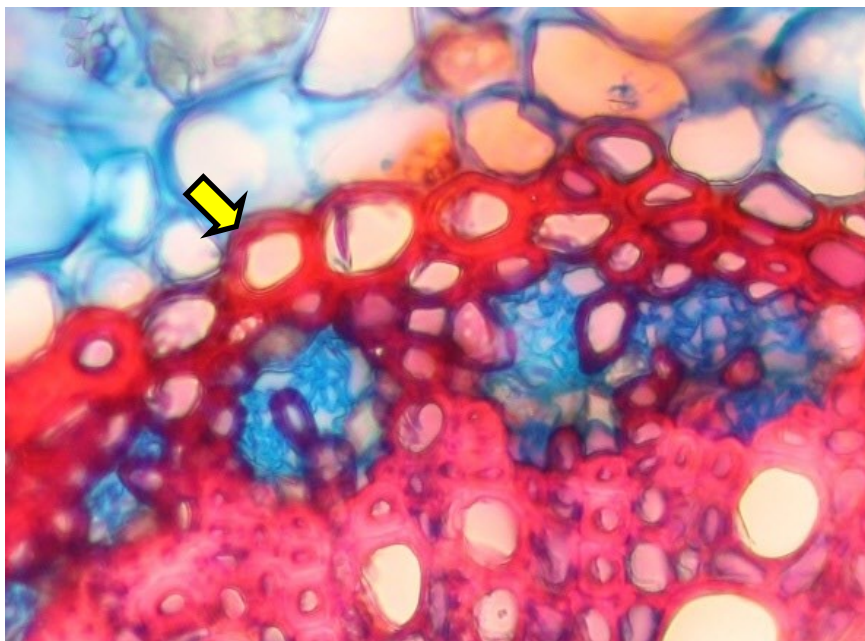
Figura 5. Corte transversal de uma folha, destacando com a chave a região do mesofilo. (Fonte: M. Ibrahim)



### 3.4. Esclerênquima

É composto por células com paredes grossas, secundárias, apresentando lignina (Figura 6). Elas podem se desenvolver em alguns ou todos os órgãos do vegetal, sejam eles vegetativos ou reprodutivos. Está relacionado à sustentação de órgãos maduros. Suas principais células são esclereides e fibras (Esau, 1974).

Figura 6. Corte transversal mostrando fibras de esclerênquima (seta), que envolvem tecido vascular. (Fonte: M. Ibrahim)

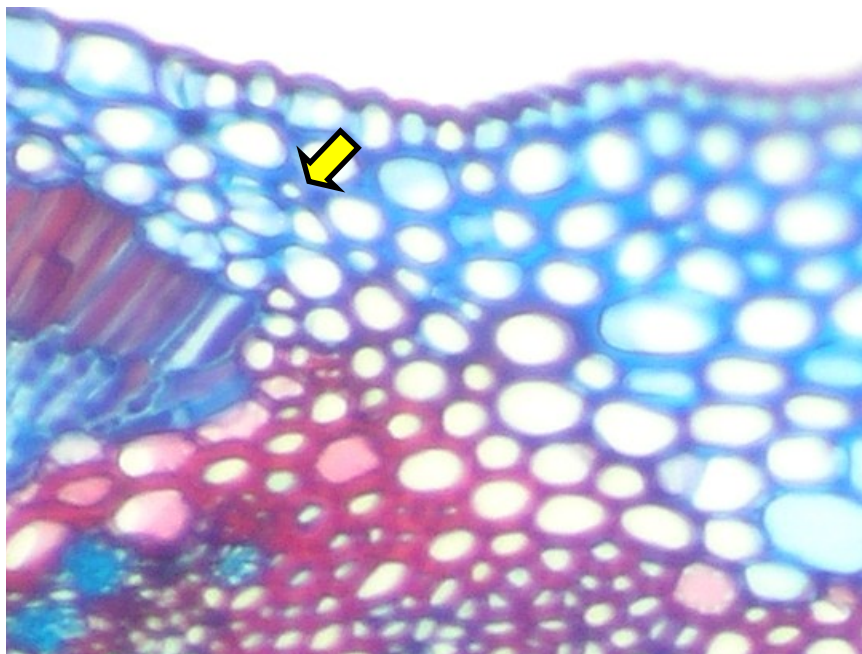


### 3.5. Colênquima

Compõe o tecido de sustentação juntamente com o esclerênquima. Suas células são ricas em celulose, com paredes primárias grossas, que auxiliam na absorção de água (Figura 7) (Esau, 1974). Pode assumir, quando necessário, papel de tecido esclerenquimático.

É formado por células que ocorrem nos feixes da superfície do córtex de caules, pecíolos e nervuras das folhas (Cutter, 1986). Sua função é de resistência mecânica e provavelmente de transporte e armazenamento de água (Esau, 1974).

Figura 7. Corte transversal no limbo foliar, mostrando o colênquima (detalhe de célula – seta). (Fonte: M. Ibrahim)



### 3.6. Xilema

Tecido presente ao longo de todo o corpo vegetal, relacionado à condução de água e nutrientes. Atua na sustentação e armazenamento de substâncias, como o amido da mandioca, que fica retido no parênquima xilemático (Cutter, 1986; Vannucci; Resende, 2003).

O xilema primário (Figura 8) é originado no procâmbio, um meristema apical; e o xilema secundário é formado pelo câmbio vascular, tecido meristemático secundário (Esau, 1974).

Figura 8. Corte transversal de um pecíolo, mostrando o xilema primário em vermelho (detalhe da célula – seta). (Fonte: M. Ibrahim)



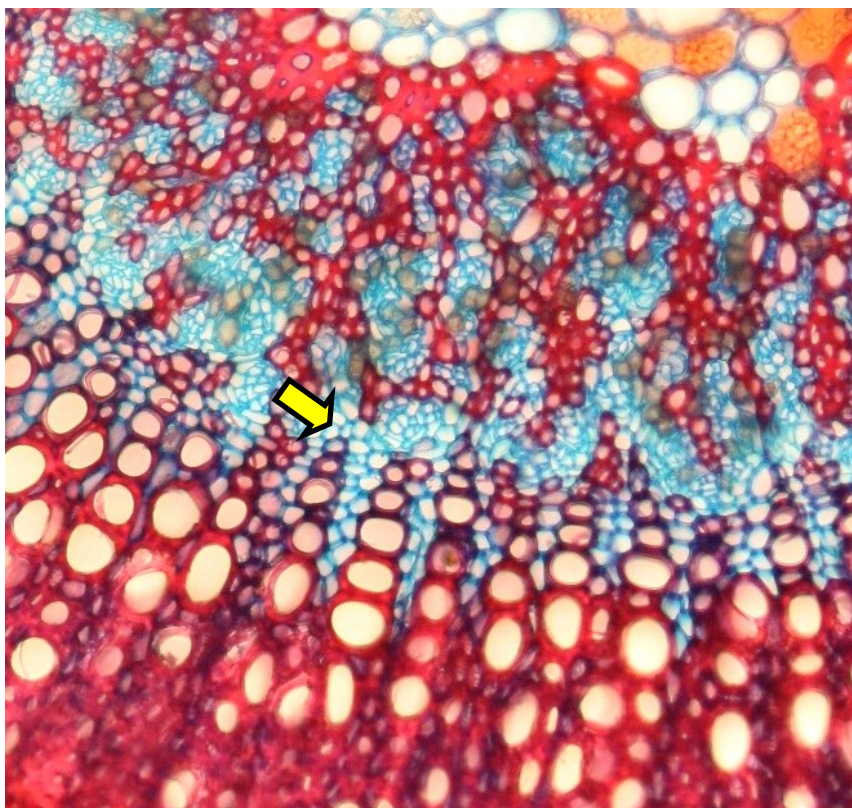
Os principais componentes condutores do xilema são traqueídes e elementos de vaso. Os primeiros não apresentam perfurações, crescem muito pouco em comprimento e diâmetro. Já os elementos de vaso possuem perfurações e são mais eficientes no transporte de água devido ao conjunto de poros. Além desses elementos, o xilema é formado também por fibras, células parenquimáticas e, às vezes, por esclereídes (Vannucci; Resende, 2003).

### 3.7. Floema

O floema (Figura 9) é um tecido complexo e está em todo o corpo da planta junto com o xilema. Sua função está voltada para sustentação, transporte e armazenamento de alimentos. Assim como o xilema, ele pode ser primário (originado no procâmbio) ou secundário (formado no câmbio vascular). Seus principais tipos celulares são células crivadas, elementos do tubo crivado, elementos esclerenquimáticos, parenquimáticas, células companheiras e laticíferos (Esau, 1974; Cutter, 1986).

Os elementos crivados compõem o principal mecanismo de condução do floema; células parenquimáticas estão presentes em todo floema e podem atuar na fotossíntese, quando houver cloroplastos, ou atuar como células de transferência, quando apresentar invaginações em suas paredes.

Figura 9. Corte transversal de um pecíolo, mostrando o floema primário em azul (detalhe da célula - seta). (Fonte: M. Ibrahim)



Elementos esclerenquimáticos no floema podem ser de dois tipos: fibras, que apresentam grande importância econômica; e os esclereides, que podem ou não estar associadas às fibras. Células companheiras são um tipo especializado de célula parenquimática e recebem essa denominação devido ao fato de sempre acompanhar os elementos de tudo crivado. Os laticíferos têm forte papel na produção e condução de látex, podendo ser encontrados em toda planta e associados ao floema (Cutter, 1986; Vannucci; Resende, 2003).

### 3.8. Estruturas secretoras

Ocorrem entre outros tecidos, sejam eles primários ou secundários, em formações na superfície ou interior do vegetal. Células epidérmicas glandulares, pelos e glândulas como as digestivas, nectários florais e extraflorais (Figura 10) representam as principais estruturas secretoras. As secreções podem ser liberadas para o interior ou exterior da planta, dependendo da célula que a produz (Esau, 1974; Vannucci; Resende, 2003).

Figura 10. Nectário extrafloral (seta) presente na base do pecíolo de uma folha de maracujazeiro. (Fonte: M. Ibrahim)

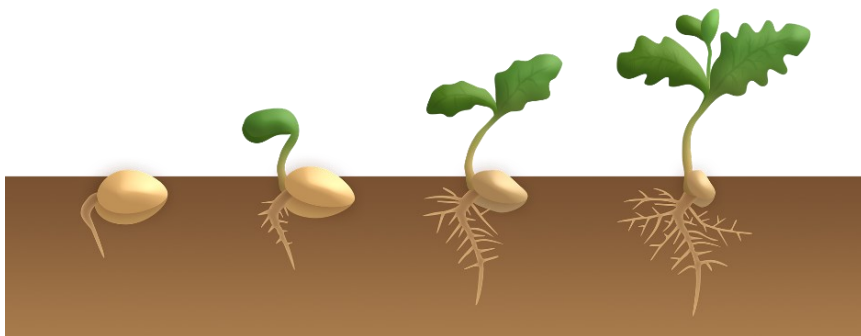


#### 4. MORFOLOGIA VEGETAL

Morfologia é o campo da Botânica que se ocupa dos termos e definições empregadas para cada parte da planta, de modo que seu reconhecimento se torne mais fácil (Pimentel et al., 2017).

Segundo Souza et al. (2013), ao encontrar condições favoráveis como temperatura, umidade e luz, a semente irá germinar. No decorrer do seu desenvolvimento, raiz e caule se diferenciam, este último dando origem a folhas. Aos poucos, a planta vai adquirindo a capacidade de sintetizar energia a partir da fotossíntese. Os cotilédones (primeiras folhas a surgirem na planta) caem, visto que já não apresentam mais função alguma (Figura 11).

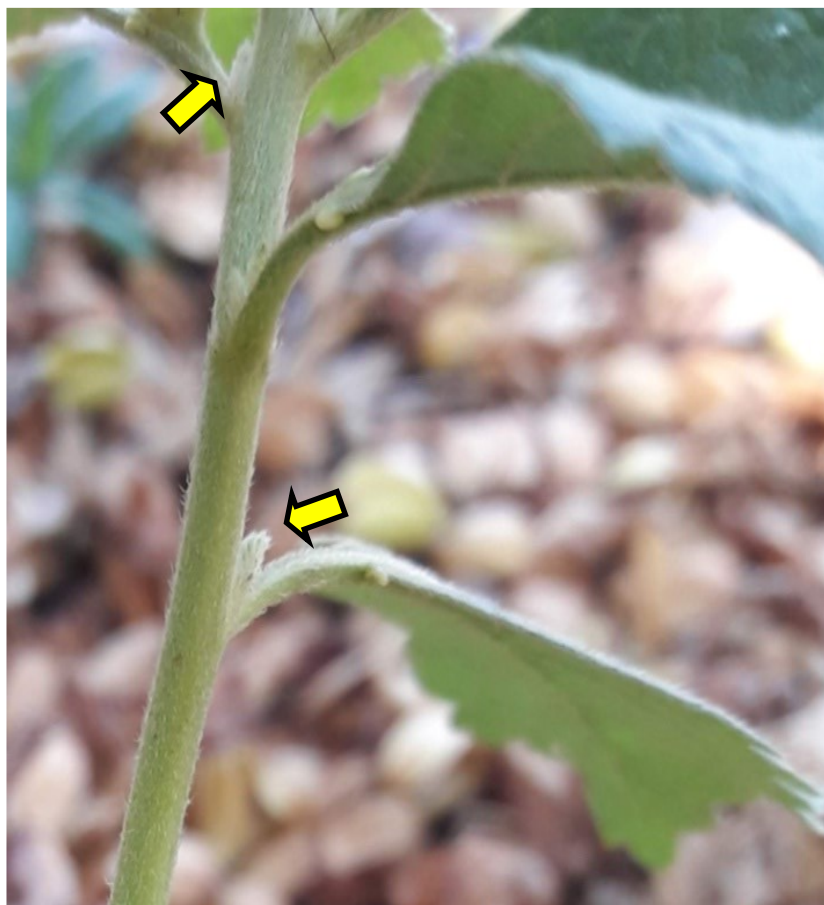
Figura 11. Desenvolvimento inicial de uma planta. (Fonte: [Maky Orel/Pixabay](#). Acesso em: 26 fev. 2021)



As gemas axilares (Figura 12) são estruturas situadas entre os ramos e as folhas, e originam outras ramificações, enquanto que a gema apical do caule dará prosseguimento ao crescimento vertical da planta. Assim, ela já poderá ser chamada de esporófito jovem e não mais de plântula, e de adulto quando produzir flores para reprodução.

Após esta breve explanação, vejamos a seguir os principais componentes de uma planta vascular, em especial as angiospermas.

Figura 12. Planta já crescida apresentando a gema axilar (setas). (Fonte: M. Ibrahim)



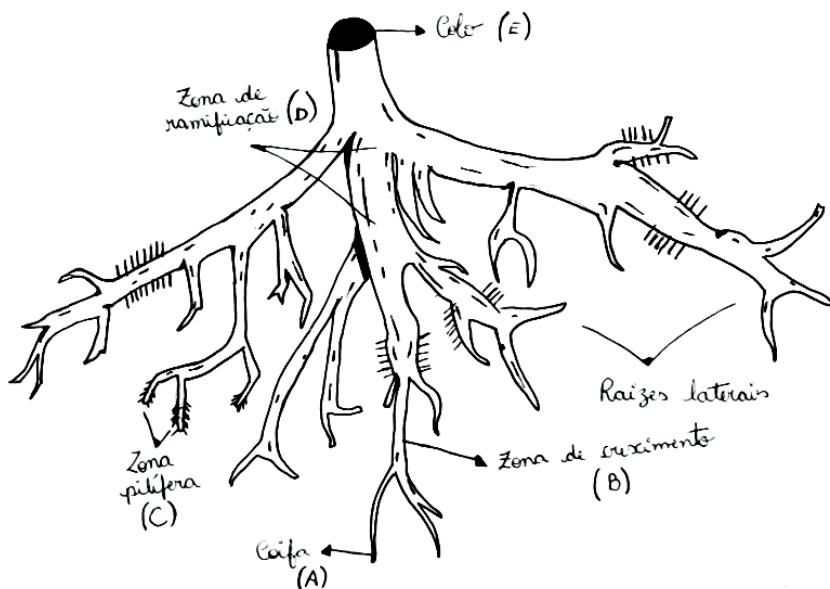
#### 4.1. Raiz

Presente nas plantas vasculares, possui a função de captar água e nutrientes do solo, auxiliando na fixação e sustentação. Está dividida em coifa (ou caliptra), zona de alongamento, zona pilífera e zona de ramificação (Figura 13) (Pimentel et al., 2017).

A primeira é composta de células vivas e indiferenciadas responsáveis por proteger o meristema radicular contra agentes patógenos ou atrito.



Figura 13. Principais partes da raiz. A. Coifa. B. Zona de crescimento. C. Zona pilífera. D. Zona de ramificação. E. Colo. F. Raízes laterais. (Fonte: <https://www.todamateria.com.br/tipos-de-raizes/>. Acesso em: 22 fev. 2021)

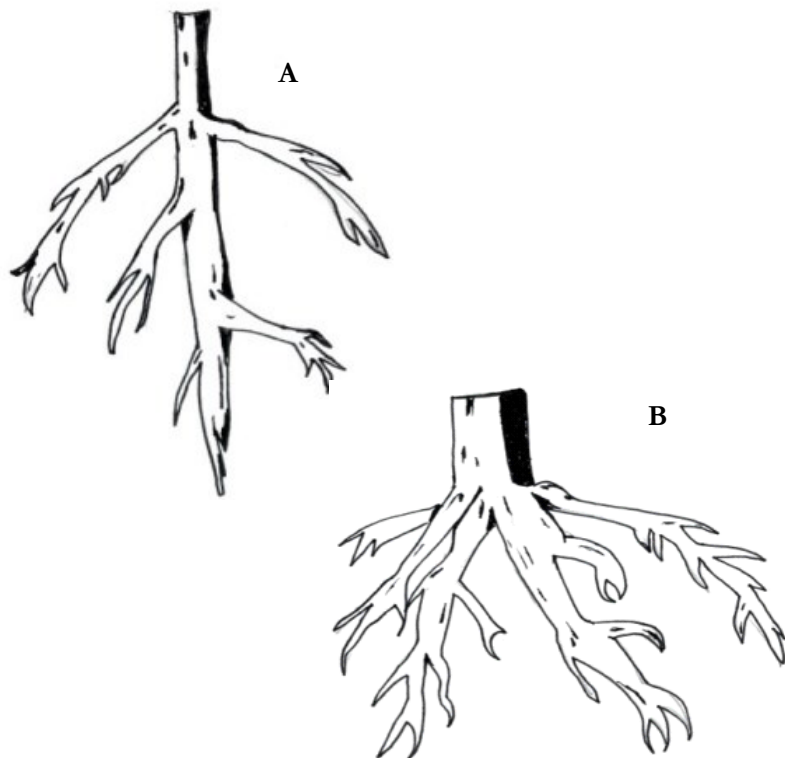


Além disso, ajuda na penetração da raiz no solo e indução no crescimento em direção ao mesmo. A zona de alongamento determina o crescimento; e a zona pilífera contém pelos que tornam mais eficiente sua superfície de contato. A zona de ramificação está relacionada com a região entre o colo e zona pilífera, onde raízes laterais surgirão (Pimentel et al., 2017).

As raízes podem ser pivotantes quando originadas da radícula (Figura 14A) ou fasciculadas (Figura 14B), quando originadas de outras partes da planta, como o caule (raízes adventícias) (Appezato-da-Glória; Carmello-Guerrero, 2012).

Quanto ao ambiente, podem ser classificadas em subterrâneas, aquáticas ou aéreas (Souza et al., 2013; Pimentel et al., 2017).

Figura 14. Tipos de raízes de acordo com sua origem. A. Raiz pivotante. B. Raiz fasciculada. (Fonte: <https://www.todamateria.com.br/tipos-de-raizes/>. Acesso em 22 fev. 2021).



## 4.2. Caule

Estrutura intermediária entre raízes e folhas, composto de nós e internós ou entrenós (relacionado ao intervalo entre os nós). Existem diferentes tipos de caules, podendo ser subterrâneos, aquáticos ou aéreos.

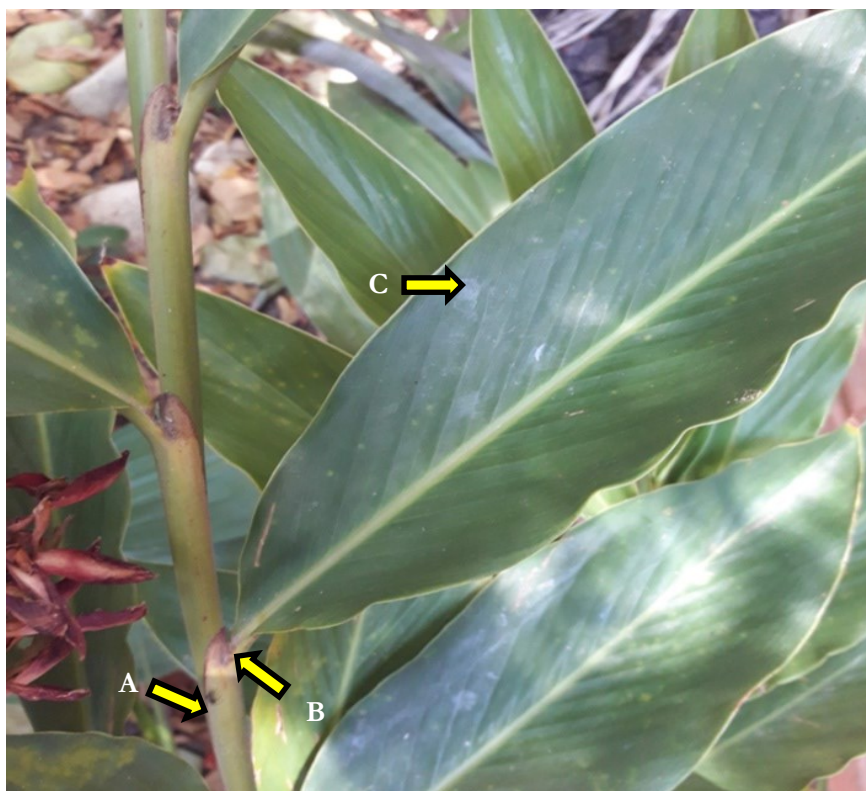
Alguns deles possuem tecido de reserva e normalmente são subterrâneos, como rizoma (ex. inhame, gengibre, bananeira e bambu), bulbo (ex. cebola e alho) e tubérculo (ex. batata-inglesa).

Os caules podem ser modificados para gavinhas, espinhos, cladódios e filocládios, adquirindo funções de fixação, proteção e fotossíntese, respectivamente (Pimentel et al., 2017).

### 4.3. Folha

Principal estrutura da planta, incumbida de realizar a fotossíntese e sintetizar diversas substâncias químicas. Estas funções são facilitadas pelo seu formato, o que possibilita uma melhor execução (Taiz; Zeiger, 2004). Constituem uma folha completa: bainha (Figura 15A), pecíolo (Figura 15B) e limbo ou lâmina foliar (Figura 15C). Podem apresentar diferentes formas, tamanhos, cores, variando com a espécie, como é o caso das cactáceas, que exibem folhas modificadas em espinhos (Esau, 1974).

Figura 15. Principais estruturas da folha. A. Bainha; B. Pecíolo; C. Limbo (Fonte: M. Ibrahim)

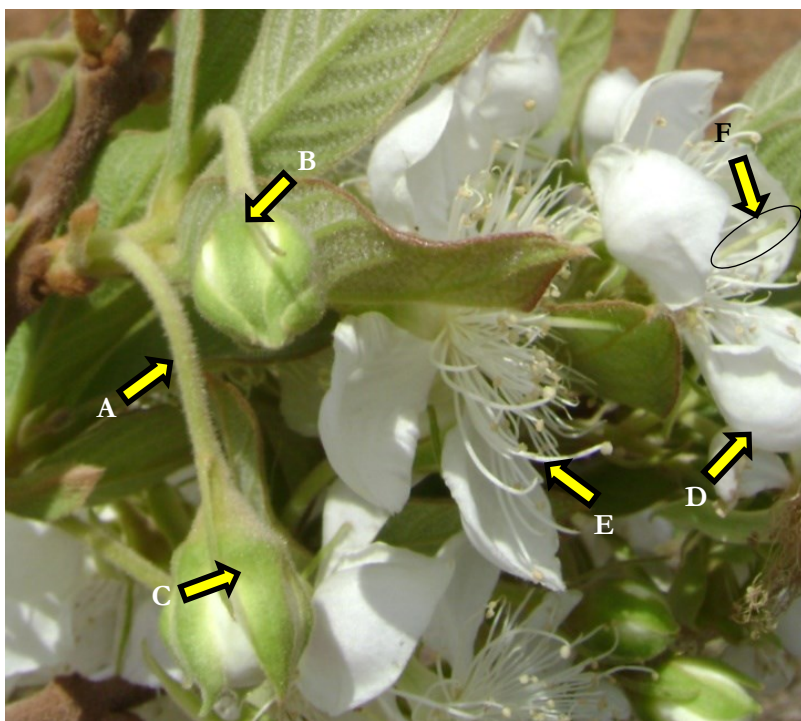


#### 4.4. Flor

Estrutura responsável pela perpetuação da espécie. É exclusiva das angiospermas, sendo um órgão complexo. As partes que a compõem são: pedicelo (Figura 16A), que é um talo ou haste com função de sustentar a flor; receptáculo (Figura 16B), estrutura na qual as partes florais se fixam; verticilos florais (Figura 16C–F), que são folhas modificadas para proteção e atração, classificadas de acordo com a função que realizam (Pimentel et al., 2017).

Sendo assim, os verticilos protetores são as sépalas (Figura 16C), que em conjunto formam o cálice; e pétalas (Figura 16D), formando a corola quando aglomeradas. Os verticilos reprodutores são os estames (Figura 16E), que fornecem grãos de pólen e em conjunto formam o androceu; e carpelos, que formam o gineceu e recebem os grãos de pólen no estigma, transportando-os pelo estilete (Figura 16F) até os óvulos no ovário (Souza et al., 2013; Pimentel et al., 2017).

Figura 16. Flor bissexuada e suas principais estruturas. A. Pedicelo. B. Receptáculo. C. Sépalas. D. Pétalas. E. Estames F. Estigma e Estilete. (Fonte: M. Ibrahim)



Geralmente, androceu e gineceu estão na mesma flor, sendo assim bissexuada ou hermafrodita. Quando uma flor apresenta apenas uma dessas estruturas reprodutoras, ela é unissexuada. Eles também podem inexistir, sendo a flor considerada neutra ou estéril (Souza et al., 2013; Pimentel et al., 2017).

#### 4.5. Fruto

Resultado do desenvolvimento do ovário, protege o óvulo fecundado. Os frutos, de acordo com a origem, consistência, número de sementes e deiscência, recebem diversas classificações, dentre elas, temos: frutos simples, a exemplo do feijão, uva, café, tomate, caju e goiaba; frutos agregados, como o morango e a graviola; e frutos compostos, como o abacaxi e a jaca (Esau, 1974).

### 5. FOTOSSÍNTESE

É um fenômeno realizado pelas plantas com o intuito de produzir, a partir de compostos inorgânicos, matéria orgânica com o uso da luz (Sampaio, 2010). Para isso, faz-se necessário o auxílio de algumas estruturas, as quais são essenciais na condução desse processo, como veremos a seguir.

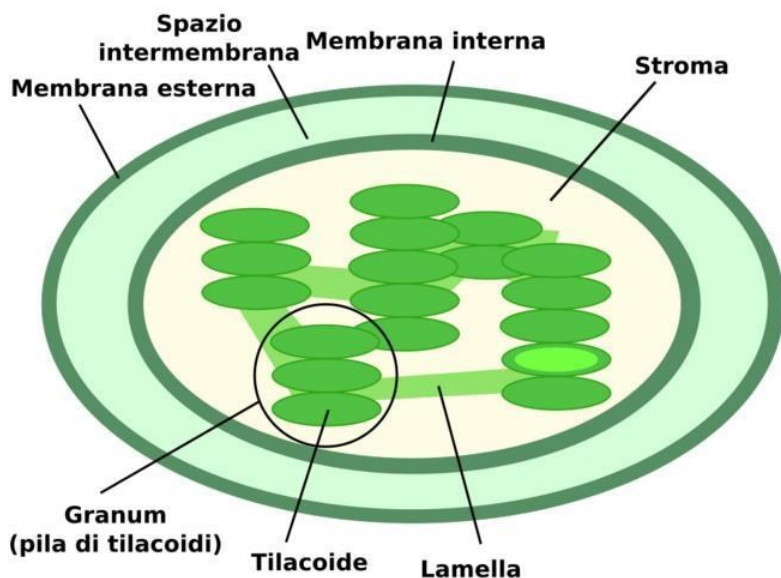
#### 5.1. Cloroplastos

São organelas citoplasmáticas envolvidas por duas membranas e que possuem dentro de si estruturas em forma de disco, denominadas tilacoides (Figura 17). Eles se apresentam empilhados um sobre o outro, sendo chamados de *granum* (Figura 17). As moléculas de clorofila estão situadas nessas membranas (Sampaio, 2010).

Internamente, os cloroplastos são banhados por um fluido chamado estroma (Figura 17), que é rico em DNA, enzimas e ribossomos. A quantidade de cloroplastos depende da espécie e estado de desenvolvimento do vegetal, podendo ser de um a 100 para cada célula (Marengo; Lopes, 2009; Sampaio, 2010).



Figura 17. Estrutura de um cloroplasto: tilacoide, *granum*, estroma, membrana externa, membrana interna, lúmem. (Fonte: [Ollin/Wikimedia](#). Acesso em: 26 fev. 2021)



## 5.2. Pigmentos

Dentre os pigmentos fotossintetizantes, a *clorofila a* é a que mais se destaca, visto que possui o papel de captar radiação solar, primordial para o início do processo de fotossíntese. A *clorofila b*, carotenoides e ficobilinas auxiliam nesse processo ao transferir a energia luminosa, recebendo assim a denominação de pigmentos acessórios (Castro et al., 2005; Sampaio, 2010).

## 5.3. Fotossistemas

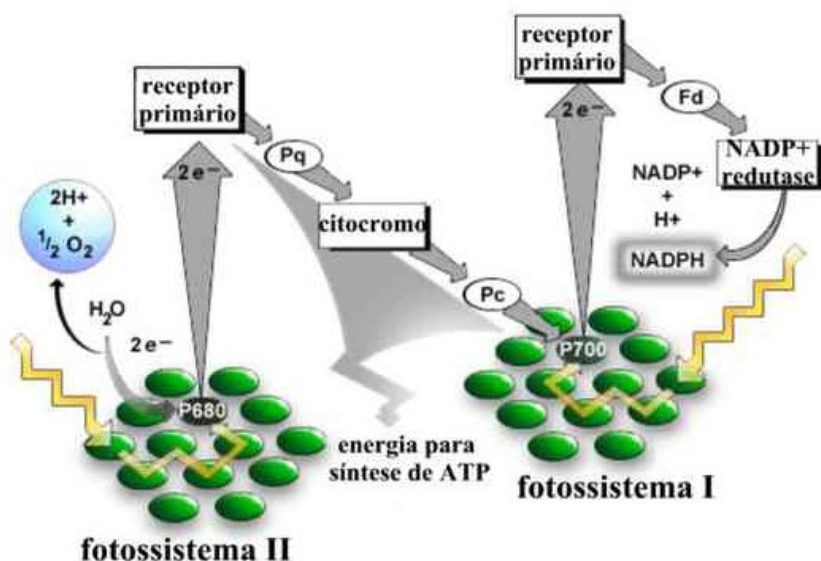
Nos cloroplastos, existem centros de reações que utilizam a luz para reduzir moléculas chamados de fotossistemas (Figura 18). Esses grupos proteicos recebem localizados nos tilacoides recebem a classificação de fotossistemas I (FSI) e II (FSII), nos quais a reação fotoquímica da fotossíntese ocorre (Marengo; Lopes, 2009).

O primeiro (FSI), situado nas membranas intergranais e em contato com o estroma, está relacionado à oxidação da plastoquinona reduzida, com transferência de elétrons, pela plastocianina, para a ferredoxina ( $F_d$ ), uma proteína periférica ligada ao tilacoide em contato com o estroma. Possui um

complexo central que recebe energia luminosa do seu próprio complexo coletor de luz (CCLI), que é constituído por várias proteínas, além de receber elétrons. O centro de reação absorve luz com comprimentos de onda na faixa de 700nm (P700) (Marengo; Lopes, 2009; Sampaio, 2010).

O FSII localiza-se nas membranas dos tilacoides e tem papel de converter, a partir da luz, plastoquinona oxidada (PQ) para o modo reduzido (PQH<sub>2</sub>) com uso de elétrons da água. Seu centro de reação é o P680, que absorve luz com comprimentos de onda em torno de 680nm. Além disso, é receptor de energia luminosa de moléculas de *clorofila a* e *b* e xantofilas (um tipo de carotenoide) presentes no seu complexo coletor de luz (CLII), que atua como um sistema antena, capturando-a e transferindo energia de excitação para o P680 (Castro et al., 2005; Sampaio, 2010).

Figura 18. Esquema do funcionamento dos centros de reações ou fotossistemas. (Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica15.php>. Acesso em: 22 fev. 2021)



## 5.4. Reações da fotossíntese

São duas as etapas que compõem a fotossíntese. Vejamos, a seguir, como se processam.

### 5.4.1. Etapa fotoquímica (reação de Hill)

Ocorre com participação do FSII e FSI, com presença de luz, e se destaca pela quebra da molécula da água (fotólise) no FSII, com posterior liberação de  $O_2$ , síntese de ATP (nucleotídeo que armazena energia em suas ligações químicas) e de  $NADPH_2$  (composto redutor). Tais eventos acontecem em duas fases paralelas chamadas de fotofosforilação cíclica e acíclica (Sampaio, 2010).

Na fotofosforilação cíclica, a *clorofila a* após ser iluminada, perde um par de elétrons excitados (ricos em energia), que são recolhidos por uma série de citocromos (substâncias que aceitam elétrons adicionais) perdendo energia. Esta é empregada na fosforilação (produção de ATP pela união de mais um grupo de fosfato a uma molécula de ADP), tornando-se instáveis e transferindo esses elétrons para outras moléculas. Após a passagem pelo conjunto de citocromos, os elétrons voltam à molécula da clorofila, daí o nome desse evento (Castro et al., 2005).

Na fotofosforilação acíclica são utilizados os FSI e FSII e seu início ocorre com a excitação da clorofila P680 do FSII. Ela libera elétrons para a clorofila P700 através de uma cadeia transportadora de elétrons, que ao ser excitada, lança elétrons para a ferredoxina (transportador de elétrons), transferindo-os para o NADP (aceptor de elétrons). A clorofila do FSII está sem elétrons, e é preciso que a fotólise da água ocorra para estabilização. Com isso são gerados  $H^+$ ,  $O^2$  e elétrons. Prótons de hidrogênio são capturados pelo NADP, formando  $NADPH_2$ , e átomos de oxigênio irão formar o gás oxigênio. A passagem de elétrons da clorofila P680 para a P700 gera gradiente eletroquímico de membrana que irá servir para formar ATP (Taiz; Zeiger, 2004).





### 5.4.2. Etapa química (ciclo de Calvin)

Ocorre no estroma do cloroplasto e independe da presença de luz. Nesta etapa os hidrogênios liberados da água e instalados no NADPH<sub>2</sub>, reagem com CO<sub>2</sub> produzindo triose (Sampaio, 2010). No estroma, a ribulose-fosfato (C5) recebe energia do ATP, dando origem a ribulose-difosfato, que formará duas moléculas de ácido fosfoglicérico (PGA) a partir dos hidrogênios do NADPH<sub>2</sub> recombinados com o gás carbônico. O PGA, a partir do estímulo do ATP e NADPH<sub>2</sub>, irá reconstituir ribulose-fosfato em reações eventuais, sintetizando açúcares distintos (Marengo; Lopes, 2009).

### 5.4.3. Fixação do tipo C3

São aquelas que apresentam como produto inicial da fotossíntese o ácido 3-fosfoglicérico (3-PGA), e por isso a denominação de plantas C3 para este grupo. Neste mecanismo de fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico é utilizado, exclusivamente, o ciclo de Calvin (Sampaio, 2010).

As taxas de fotossíntese dessas plantas são sempre elevadas, uma vez que a planta atinge as taxas máximas de fotossíntese em intensidades de radiação solares consideravelmente baixas. Devido a isso, são consideradas espécies que não economizam água; são altamente produtivas, contribuindo para a biodiversidade terrestre. Exemplos de plantas deste grupo incluem todas as gimnospermas, briófitas, algas, grande parte das pteridófitas e maioria das angiospermas (Castro et al., 2005; Marengo; Lopes, 2009).

### 5.4.4. Fixação do tipo C4

Espécies que produzem os ácidos de quatro carbonos como seu primeiro produto de fixação do CO<sub>2</sub> são chamadas de plantas C4. Elas podem fixar CO<sub>2</sub> por duas vias: pela via C3 e pela C4 (Sampaio, 2010).

Elas apresentam vantagens em relação às plantas C3: podem sobreviver em ambientes áridos por só atingirem taxas máximas de fotossíntese a partir de elevadas taxas de radiação solar. Isto permite mais fixação de CO<sub>2</sub> por unidade de água perdida, portanto, são mais econômicas quanto ao uso da água (Salisbury; Ross, 2012). São exemplos de plantas com esse tipo de fixação do CO<sub>2</sub>, a maioria das monocotiledôneas, como gramíneas (cana-de-açúcar, milho, sorgo), ciperáceas e a família Chenopodiaceae (Marengo; Lopes, 2009).

### 5.4.5. Fixação do tipo CAM

Metabolismo Ácido das Crassuláceas ou simplesmente CAM, são plantas típicas de ambientes áridos e quentes que possuem a capacidade de fixar  $\text{CO}_2$  sem alterar o balanço positivo de água e de carbono nos tecidos (Sampaio, 2010; Salisbury; Ross, 2012).

O diferencial para essas plantas é que o  $\text{CO}_2$  é fixado em fosfoenolpiruvato, formando o oxaloacetato, sendo transformado em malato e estocado à noite nos vacúolos. Durante o dia, os estômatos se fecham e o ácido málico é transportado do vacúolo ao cloroplasto da célula. Ele é descarboxilado produzindo piruvato (que pode ser convertido em açúcar e amido) e  $\text{CO}_2$ , transferido para ribulose 1,5-bifosfato (RuBP) do ciclo de Calvin. Podemos encontrar exemplos de plantas com esse tipo de metabolismo no estado de Sergipe, como bromélias (macambira, abacaxi), cactáceas (madacaru, cabeça-de-frade), orquídeas, e asparagáceas (espada-de-são-jorge) (Taiz; Zeiger, 2004; Marengo; Lopes, 2009; Sampaio, 2010).

## 6. ATIVIDADES COMPLEMENTARES

### 6.1. Atividade 1

- Ambiente: área de manguezal, restinga, mata atlântica, caatinga, ou próxima à escola.
- Objetivos: identificar as características dos vegetais e suas particularidades, quando houver, e relacionar com o conteúdo visto em sala de aula.
- Observar e esquematizar: raiz, caule, flor, fruto.
- Descrever o ecossistema em questão.

### 6.2. Atividade 2

- Ambiente: sala de aula.
- Materiais: i) espécies denominadas popularmente como suculentas, que sejam típicas da nossa região (cactos, bromélias, espada-de-são-



- jorge), trazidas por alunos; ii) planta trazida pelo professor (sugestão: alguma leguminosa);
- Objetivos: identificar as principais características entre os vegetais trazidos; citar as possíveis causas de elas apresentarem uma estrutura corporal diferenciada tendo em vista o tipo de ambiente em que vivem; relacionar a diferença na fotossíntese (com relação à fixação de carbono) que cada uma apresenta.

## 7. GLOSSÁRIO

**Aceptor** – aquele que doa algo.

**ATP** – sigla utilizada para denominar a adenosina trifosfato, molécula primordial que garante a liberação de energia para as células dos seres vivos.

**Cladódios** – ramo de formato comprido ou até laminar geralmente provido de folhas rudimentares.

**Córtex** – sistema fundamental da raiz, ou seja, que ocupa a grande parte do corpo.

**Deiscência** – é quando um órgão vegetal (fruto, antera etc.) abre-se naturalmente ao alcançar a maturação.

**Elétron** - partícula que constitui o átomo, e que tem uma carga negativa.

**Espinhos** – estruturas endurecidas e pontiagudas.

**Filocládios** – ramos curtos que assumem o aspecto de folhas.

**Frutos simples** – aqueles formados por um único carpelo ou carpelos fusionados de uma mesma flor.

**Frutos compostos** – aqueles originados pelo desenvolvimento de vários ovários pertencentes a diversas flores (inflorescência).

**Frutos agregados** – aqueles originados pelos diversos ovários de uma flor multipistilada.

**Gavinhas** – órgãos filamentosos que diversas espécies vegetais utilizam para firma-se em suportes.

**Gema apical** – estrutura terminal que se localiza no ápice caulinar.

**Formato isodiamétrico** – que apresenta diferentes formatos.



**Meristema** – tecido vegetal responsável pelo crescimento da planta e pela formação de outros tipos de tecidos.

**Mesófilo** – tecido composto, na sua grande maioria, por parênquima, rico em cloroplastos.

**Plântula** – planta recém-nascida.

**Proteína periférica** – aquelas situadas na superfície interna ou externa da membrana, não estão mergulhadas na bicamada.

**Receptor** – aquele que recebe algo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appezato-da-Glória B, Carmello-Guerreiro SM, editoras. Anatomia vegetal. 3. ed. Viçosa: UFV; 2012.
- Castro PRC, Kluge RA, Peres LEP. Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática. São Paulo; Piracicaba: Agronômica Ceres; 2005.
- Cutter EG. Anatomia vegetal. 2. ed. São Paulo: Roca; 1986.
- Damião-Filho CF. Morfologia vegetal. Jaboticabal: FUNEP/Unesp; 1993.
- Esau C. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo: Edgard Blücher; 1974.
- Evert RF, Eichhorn SE. Biologia vegetal. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014.
- Furlan CM, Santos DYAC, Chow F. A botânica do cotidiano. v. 5. São Paulo: Instituto de biociências da USP; 2008.
- Marengo RA, Lopes NF. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3. ed. Minas Gerais: UFV; 2009.
- Pimentel RG, Braz DM, Germano Filho P, Gevu KV, Silva IAA. Morfologia de angiospermas. Rio de Janeiro: Technical Books; 2017.
- Salisbury FB, Ross CW. Fisiologia das plantas. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning; 2012.
- Sampaio ES. Fisiologia vegetal: teoria e experimentos. 2. ed. Ponta Grossa: UEPG; 2010.
- Souza VC, Flores TB, Lorenzi H. Introdução à botânica: morfologia. São Paulo: Instituto Plantarum; 2013.
- Taiz L, Zeiger E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed; 2004.
- Vannucci AR, Rezende MH. Anatomia vegetal: noções básicas. Goiânia: edição do autor; 2003.

## Como citar este artigo

### *How to cite this article*

(ABNT)

DAMASCENO, S. A.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, M. I. U. Botânica em Dia. **Paubrasilia**, Porto Seguro, v. 4 suplementar, e0041s, 2021. DOI 10.33447/paubrasilia.2021s.e0041s

(Vancouver)

Damasceno AS, Silva EC, Oliveira MIU. Botânica em Dia. Paubrasilia 2021;4(Supl):0041s. doi:10.33447/paubrasilia.2021s.e0041s