

Texto Didático Publicado em LoVE PLANTS CERRADO (agosto, 2026)

Compreendendo o universo fantástico das Plantas – Versão Atualizada

Autora: Profa. Dra. Sabrina do Couto de Miranda

<http://lattes.cnpq.br/3653673838173344>

<https://sabinacmiranda.wixsite.com/loveplantscerrado>

Apresentação

Prezad@ leitor(@),

Este é um texto didático que visa apresentar, de forma clara e objetiva, aspectos morfológicos, fisiológicos, taxonômicos e ecológicos relacionados às plantas. Esperamos instigar a curiosidade e o desejo do leitor(@) em conhecer mais sobre as **Plantas**. Elas estão presentes na nossa vida de uma forma bem próxima... nos **alimentos** que consumimos, em muitos **móveis** que utilizamos, na **construção civil**, na **ornamentação** que embeleza nossas casas e cidades, nos **medicamentos/fármacos** que utilizamos, nos remanescentes de **vegetação nativa** circunvizinhos, nos campos de **cultivo agrícola**, enfim, em muitos lugares.

Mas, infelizmente, ocorre um fenômeno estranho entre nós (seres humanos) e as plantas... A **impercepção botânica**. Trata-se do fato de não percebermos as plantas no ambiente e de não valorizarmos as plantas no nosso cotidiano (Ursi; Salatino, 2022). Este material visa explicar que as plantas são seres essenciais à nossa existência, portanto temos o dever de percebê-las, entendê-las, respeitá-las e, acima de tudo, proporcionar uma coexistência harmônica com elas, e os demais seres vivos, neste planeta biodiverso.

Espero que você, leitor(@), goste do texto!

Um pouco sobre os Seres Vivos

Nosso planeta tem pelo menos 5 bilhões de anos e uma história de transformações ao longo desse tempo, muito tempo! Inicialmente, tais transformações foram **abiogênicas**, ou seja, ocasionadas por processos naturais (geológicos) na ausência de seres vivos. Posteriormente, o surgimento dos seres vivos possibilitou significativas transformações **biogênicas**.

O astrônomo Carl Sagan (importante divulgador da ciência conhecido pela série Cosmos: Uma viagem pessoal) fez uma declaração que ficou bem conhecida: “Somos todos poeira de estrelas”. Os seres vivos são compostos pelos mesmos elementos químicos presentes nas estrelas no universo. Assim, as moléculas que nos compõem são formadas, principalmente, pelos seguintes elementos químicos: carbono (símbolo químico C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). Estes elementos entram na composição das biomoléculas: proteínas, lipídios, carboidratos e ácidos nucleicos.

Ainda falando sobre a vida, há atualmente, na literatura científica duas visões concorrentes sobre a origem da vida na Terra, uma denominada de “Replicador Primeiro” e outra de “Metabolismo Primeiro” (Damásio, 2018). Dentre os defensores do “Replicador Primeiro” podemos citar Richard Dawkins. De acordo com esta visão, as condições geológicas de aproximadamente 3,8 bilhões de anos atrás teriam sido compatíveis com a formação espontânea de alguns nucleotídeos de RNA. Portanto, a sopa primordial teria gerado moléculas replicadoras, bem como, sistemas vivos voltados à sua proteção. RNAs catalisadores executariam a dupla tarefa de replicar-se e realizar os processos químicos.

Por outro lado, segundo a visão do “Metabolismo Primeiro”, há cerca de 3,8 bilhões de anos a sopa primordial continha ingredientes básicos e condições ambientais suficientes e favoráveis (p. ex. chaminés termais e tempestades de raios) para que certas moléculas e vias químicas se formassem e iniciassem incessantes operações protometabólicas (primitivas). Ao longo do tempo, conformações moleculares e celulares cada vez mais estáveis alcançaram a persistência da vida. A geração de moléculas autocopiadoras, como os ácidos nucleicos, favoreceu a regulação interna, com organização central, e um modo de transmissão genética da vida.

Nesta perspectiva, a vida é gerada a partir “de dentro”, autoiniciada e automantida, ou seja, autopoiese (Damásio, 2018). De acordo com Maturana e Varela (2001), os seres vivos são constituídos por células, unidades autônomas com organização autopoietica.

Sistemas vivos são máquinas moleculares que operam como redes fechadas de produções moleculares, assim as moléculas produzidas através de suas interações produzem a mesma rede molecular que as produziu (Maturana, 2014). Sistemas vivos são sistemas autopoieticos moleculares, enquanto sistemas moleculares são abertos aos fluxos de matéria e energia. Enquanto sistemas autopoieticos são fechados em sua dinâmica de estados (organização).

Os componentes moleculares da unidade autopoietica celular estão dinamicamente relacionados em uma rede contínua de interações denominada metabolismo (Maturana; Varela, 2001). As reações metabólicas podem ser do tipo anabolismo (síntese/construção/reações de redução) ou catabolismo (quebra/degradação/reações de oxidação).

Para se manterem vivos, os sistemas precisam conservar sua organização (autopoiese). Para tanto, em um regime de interações recorrentes com o meio e com outros seres vivos, os sistemas apresentam mudanças estruturais (plasticidade estrutural) com conservação de sua organização. Portanto, a conservação da autopoiese e a manutenção da adaptação são condições necessárias para a existência dos seres vivos.

Os sistemas vivos existem em dois domínios operacionais: o domínio de sua composição e o domínio do meio. No domínio da composição podemos observar a anatomia e a fisiologia dos seres vivos, já no domínio do meio observamos interações recursivas (Maturana, 2014).

Muitas vezes o meio ambiente é entendido como um elemento preexistente da natureza, formado por forças autônomas, “um tipo de palco teatral no qual se desenrola a vida dos organismos (Levins; Lewontin, 2022, p. 48). Os ambientes afetam os organismos, assim como os organismos afetam o ambiente. Não há organismo sem ambiente e não há ambiente sem organismo. Fora dos organismos existe um mundo físico e esse passa por certas transformações autônomas, por exemplo, vulcões entram em erupção e a Terra faz o movimento de rotação. Mas, o mundo físico não é o ambiente, ele comporta

as circunstâncias a partir das quais os ambientes podem ser feitos. “Os organismos não experimentam nem se adaptam a um ambiente, eles o constroem” (Levins; Lewontin, 2022, p. 49). Portanto, organismo e meio ambiente coevoluem.

Os seres vivos podem ser unicelulares ou metacelulares. Os metacelulares admitem distintos tipos de organização como organismos, colônias e sociedades (Maturana; Varela, 2001). Neste contexto, inserimos as plantas...

Uma nota rápida sobre a história evolutiva das plantas

Atualmente considera-se que a vida é dividida em três domínios: *Archaea*, *Bacteria* e *Eukarya*. As plantas são organismos eucarióticos, assim como os protozoários, fungos e animais. As células eucarióticas são maiores e possuem o material nuclear organizado dentro de um núcleo individualizado pela membrana nuclear (carioteca).

Há cerca de 600 milhões de anos as algas verdes começaram a sair do ambiente aquático para colonizar os ambientes terrestres. Elas são os ancestrais de todas as plantas terrestres. Estas algas possuíam um corpo muito simples e não tinham raízes, portanto não conseguiam armazenar ou transportar água, bem como, não conseguiam extrair nutrientes do solo (Sheldrake, 2021). Com base em um consenso científico atual, tem-se que as algas se tornaram capazes de chegar à terra a partir do estabelecimento de relações simbióticas com os fungos (Sheldrake, 2021). Relações que hoje nomeamos “micorrizas”. A palavra micorriza foi cunhada pelo biólogo Albert Frank em 1885.

Estudos indicam que o grupo das Hepáticas, provavelmente, representa a primeira linhagem divergente de plantas terrestres o que remonta a mais de 400 milhões de anos atrás. Dentre outros aspectos, os cientistas observaram que as Hepáticas formam relacionamentos com as linhagens mais antigas de fungos micorrízicos.

O aparato genético responsável pelos sinais químicos usados pelas plantas para se comunicar com os fungos micorrízicos é idêntico em todos os grupos de plantas vivas, o que sugere que este “aparato” estava presente no ancestral comum de todas as plantas. Além disso, recentes estimativas sugerem

que os fungos fizeram a transição para a terra antes dos ancestrais das plantas terrestres modernas, portanto teria sido quase impossível para as primeiras plantas não terem encontrado fungos nesta transição (Sheldrake, 2021).

No presente, mais de 90% das plantas dependem de fungos micorrízicos. Ao hospedar os fungos em suas raízes as plantas exploram melhor o solo e os fungos acessam compostos orgânicos das plantas. “As hifas micorrízicas são cinquenta vezes mais finas que as raízes mais finas e podem exceder o comprimento das raízes de uma planta em até 100 vezes” (Sheldrake, 2021, p. 144). Assim, as associações micorrízicas melhoram as capacidades de obtenção de água e nutrientes minerais pelas plantas. Os fungos micorrízicos fornecem às plantas nitrogênio (até 80%) e fósforo (até 100%), bem como, zinco e o cobre.

Outro aspecto importante a se destacar é que o micélio micorrízico se emaranha de tal modo no solo que aumenta o volume de água que o solo absorve e reduz em até 50% a quantidade de nutrientes lixiviados pelas chuvas (Sheldrake, 2021). As micorrizas conectam melhor as plantas ao solo e também conectam plantas de diferentes espécies, possibilitam uma rede de comunicação entre diferentes espécies no solo.

Cerca de 7% das espécies de plantas terrestres que não formam associações micorrízicas desenvolveram estratégias adaptativas alternativas, como parasitismo (hemiparasitas ou holoparasitas) ou carnivorismo. Estudos indicam que plantas consideradas não micorrízicas, como as da família Brassicaceae, por exemplo, formam relações com fungos (não micorrízicos) que beneficiam estas plantas de forma semelhante às micorrizas (Sheldrake, 2021).

1. O que são as plantas?

Plantas são **seres vivos, eucarióticos e pluricelulares**. As plantas, mesmo as pequenas, são seres vivos pluricelulares, assim são constituídas por centenas, milhares e até milhões de células, neste sentido imagine um musgo, uma árvore do Cerrado ou ainda uma Sequoia Gigante. As células são eucarióticas, ou seja, o material genético principal da célula está individualizado por uma membrana nuclear denominada **carioteca** (*eu*=verdadeiro; *cariótico*=presença da carioteca).

Geralmente as pessoas desmerecem as plantas, pois as consideram seres pouco interessantes, desprovidos de inteligência e imóveis. A proposta deste material é desmistificar isso! Só estamos aqui hoje, contando história, fazendo ciência, publicando livros, ou ainda, como sociedade moderna... graças às plantas. Desde seu aparecimento no Planeta Terra, colonização do ambiente terrestre e diversificação, as plantas possibilitaram o aparecimento de outros seres vivos, nós, por exemplo!

Há milhões de anos as plantas causaram mudanças graduais na composição atmosférica que tornaram o clima mais ameno, o que possibilitou a diversificação do próprio grupo, bem como, o aparecimento de espécies de outros grupos de seres vivos.

As plantas são extremamente interessantes, providas de inteligência (claro, diferente da nossa!) e de forma alguma são imóveis. Assim, a proposta desse material é convencê-lo! Ao final, por favor, deixe-nos saber sua opinião sobre esta questão.

Os estudos sobre plantas envolvem desde aspectos macroscópicos relacionados à forma (morfologia) e sua diversidade (sistemática e ecologia vegetal), bem como, aspectos microscópicos (anatomia e fisiologia). Enfim, a forma da planta que observamos a “olho nu” na natureza é o fenótipo, este é produto do genótipo (carga genética herdada) e da interação deste com o ambiente (fatores ambientais). Além disso, estudos recentes mostraram a importância da epigenética na modulação da expressão genética das plantas favorecendo a adaptação em curto prazo e, por conseguinte, sua sobrevivência. Epigenética (termo criado por Waddington em 1942) estuda os mecanismos de ativação e inibição dos genes e modulação de sua expressão pelo comportamento ou ambiente.

2. O que as plantas possuem que as diferenciam dos animais?

As plantas são muito diferentes dos animais. Corroboramos o professor e pesquisador Stefano Mancuso, indicamos para leitura a obra “Revolução das Plantas: um novo modelo para o futuro” (Mancuso, 2019), que afirma isso categoricamente. Por exemplo, pelo fato de serem móveis os animais usam e abusam de tal habilidade. Geralmente eles não “resolvem” problemas, mas

“fogem” deles, ou ainda, “se fingem de morto”. Em situações adversas, os animais se movem e procuram refúgio, abrigo, fogem de um predador, etc.

As plantas, por outro lado, não se movem (não, dessa forma). Assim, ao longo de milhões de anos de evolução as plantas se adaptaram para serem indestrutíveis (Mancuso, 2019), ou quase. Diante de situações adversas elas precisam resolver seus problemas, e de forma bem rápida, garantindo assim sua sobrevivência. A alta diversidade e plasticidade das plantas é também reflexo de suas múltiplas habilidades em solucionar problemas, sem sair do lugar. E vamos falar mais sobre isso...

Na escala microscópica (nível celular) a **célula vegetal** tem algumas estruturas distintivas em comparação com a célula animal, a saber: parede celular de celulose, cloroplastos (plastos) e vacúolos.

A **parede celular** é a estrutura mais externa da célula vegetal conferindo-lhe forma e resistência mecânica. A parede celular é constituída por microfibrilas de celulose arranjadas em uma matriz de outros polissacarídeos, proteínas e polímeros produzidos pela célula (ligninas, suberinas, etc.). Os polissacarídeos podem ser de três grupos: **celulose**, principal componente; **pectinas**, polissacarídeos hidrofílicos e formam gel; e **hemiceluloses**.

A composição da parede celular varia de acordo com o órgão, bem como, com a função desempenhada. Por exemplo, nas raízes, tanto nas células da endoderme quanto da exoderme temos as estrias de Caspary que possuem deposição diferenciada de suberina nas paredes celulares.

As células vegetais são aderidas umas às outras, evitando deslizamento e mobilidade. A região de contato entre duas células (paredes celulares contíguas) é denominada **lamela média**. A parede celular é depositada de dentro para fora com auxílio da membrana plasmática e de outras organelas. A parede celular pode ser primária, geralmente mais fina, associada a células vivas, mais jovens, com metabolismo ativo e intenso. A parede celular secundária é depositada após cessar o crescimento, localiza-se entre a parede primária (externa) e a membrana plasmática (mais interna), é mais espessa, geralmente está associada a células mortas e lignificadas.

Os **cloroplastos** são pertencentes ao grupo dos plastos ou plastídeos, que também abarca os cromoplastos e os leucoplastos. Os cloroplastos estão

associados à fotossíntese, pois no interior destas organelas as membranas denominadas tilacóides abrigam os pigmentos, principalmente as clorofilas (**a** e **b**) e os carotenoides, que são excitados pela luz e desencadeiam a síntese de compostos orgânicos.

Os cloroplastos e as mitocôndrias (organelas associadas à respiração aeróbia) possuem seu próprio material genético. Segundo a teoria endossimbiótica (defendida por Lynn Margulis) estas organelas seriam, há milhões de anos atrás, seres unicelulares de vida livre que foram incorporados à célula e passaram a sobreviver de forma cooperativa conjunta. Neste contexto, a célula vegetal possui o material genético principal, localizado no núcleo, bem como, material genético “extranuclear” encontrado nas mitocôndrias e nos cloroplastos, organelas semi-autônomas. Uma curiosidade interessante é que nas plantas fazemos teste de “maternidade” para reconhecer quem é a planta-mãe. Assim, faz-se análise do material genético dos descendentes que foi herdado da mãe, via gameta feminino, presentes nas mitocôndrias e cloroplastos, ao invés de analisar o material genético nuclear composto pela “mistura” do material genético do “pai” (gameta masculino – núcleo espermático) e da “mãe” (gameta feminino – oosfera).

Os **vacúolos** são organelas delimitadas por uma membrana denominada tonoplasto. Pode ser encontrado na célula um único grande, que pode ocupar cerca de 90% do interior celular, ou vários pequenos, a depender da função que a célula desempenha. Dentre suas funções podemos elencar armazenamento de água e solutos, tais como metabólitos secundários para defesa, íons, açúcares, pigmentos, proteínas, entre outros. Os vacúolos também participam da expansão celular alterando o volume do suco vacuolar para exercer pressão de dentro para fora nas paredes celulares e expandir o tamanho da célula.

Destacamos estas três estruturas (**parede celular, plastos e vacúolo**) presentes na célula vegetal, contudo, é importante mencionar que as células das plantas também possuem:

- **Membrana plasmática** – esta é seletivamente permeável composta por proteínas (integrais, periféricas e transmembranas) e lipídios (fosfolipídios) que favorecem a homeostase no interior da célula, bem

como, sua comunicação com meio externo, entrada e saída de substâncias.

- **Citoplasma** – composto por uma rede proteica que medeia a movimentação das organelas no interior da célula favorecendo o metabolismo e a interação com o meio externo.
- **Núcleo** – abriga o material genético principal da planta, este é responsável por coordenar as funções metabólicas da célula. O número de cromossomos varia de espécie para espécie. As células diploides (células somáticas) abrigam duas cópias de cada cromossomo no núcleo, já as células haploides (células reprodutivas = gametas) possuem apenas metade do número de cromossomos no núcleo. Em plantas ainda há algo extraordinário, algumas espécies são poliploides (ex. trigo cultivado), ou seja, possuem mais de duas cópias de cada cromossomo em seu núcleo. Isso em animais, em geral, não é viável à sobrevivência dos indivíduos ou gera problemas/síndromes nos descendentes.
- **Retículo endoplasmático liso (REL) e rugoso (RER)** – a diferença entre eles deve-se a ausência ou presença/associação com ribossomos, respectivamente. Esta rede de membranas é responsável pela síntese de lipídios (REL) e pela síntese proteica (RER).
- **Complexo de Golgi (dictiossomos)** – também é uma organela membranosa responsável pela maturação de substâncias, bem como, transporte de substâncias utilizando vesículas.
- **Mitocôndrias** – são sítios da respiração celular aeróbia (com o uso do gás oxigênio).
- **Peroxisossomos** – são responsáveis pela degradação de moléculas lipídicas, principalmente em sementes no momento da germinação.

As organelas membranosas (núcleo, retículo endoplasmático liso e rugoso, e complexo de Golgi) formam uma rede de comunicação interna na célula que favorece o transporte de substâncias (hormônios, sinalizadores químicos, proteínas, lipídios, etc.) que desempenham papéis fundamentais no metabolismo, crescimento e desenvolvimento da planta.

Cada célula vegetal traz toda a informação necessária para regenerar um indivíduo completo, tal característica deve-se a totipotencialidade e capacidade

de desdiferenciação celular, assim uma célula diferenciada retorna a um estágio meristemático podendo se diferenciar em outros tipos celulares. Graças a essa habilidade temos o desenvolvimento de pesquisas com cultura de tecidos vegetais ou cultura *in vitro*.

3. Como é o desenvolvimento inicial das plantas superiores?

Com relação ao padrão de desenvolvimento inicial, o padrão de desenvolvimento do embrião das plantas é distinto dos animais. Além disso, a organização do corpo das plantas é essencialmente diferente dos animais, pois se cortamos uma parte do corpo de um animal, geralmente este “dano” comprometerá sua vida. No caso das plantas, geralmente cortamos uma parte do corpo da planta para fazer uma “muda”, plantamos e temos uma nova planta, clone (geneticamente idêntica a planta-mãe). Isso é fantástico!

Os grupos superiores de animais utilizam várias estratégias de comunicação associadas, principalmente, aos órgãos dos sentidos, visão, audição, tato e paladar, a saber: expressões faciais/corporais, sons, gestos, toques, emissão de “cheiros”, entre outros. Nas plantas, por sua vez, a comunicação é essencialmente química. Esta forma de comunicação é extremamente complexa e difícil de mensurar, contudo mostra-se bem eficiente.

Pelo fato de serem desprovidas da capacidade de “mobilidade”, as plantas são sensíveis a múltiplos sinais ambientais, possibilitando responder a variações nesses fatores. Assim, as plantas “percebem” variações no comprimento dos dias, verões com dias longos e invernos com dias mais curtos; presença e ausência de luz/luminosidade (dia e noite); excesso e falta de água no solo; variações na temperatura (verões quentes e invernos frios); variações na umidade relativa do ar, entre outros.

De acordo com Mancuso (2019), todo o corpo da planta é dotado de capacidade perceptiva aos sinais ambientais, contudo, a raiz é o principal órgão responsável pela captação desses sinais. O autor usa o termo “a raiz da inteligência das plantas” (https://www.ted.com/talks/stefano_mancuso_the_roots_of_plant_intelligence?utm_campaign=tedsread&utm_medium=referral&utm_source=tedcomshare).

As plantas terrestres são “anfíbias”, pois a raiz vive no solo e o caule, e demais estruturas associadas, na parte aérea em contato com a atmosfera. Neste sentido, a comunicação entre as partes deve ser muito intensa, eficiente e constante para garantir o pleno funcionamento do todo.

A raiz precisa constantemente informar a parte aérea sobre o contexto na região subterrânea (rizosfera) em termos de disponibilidade de água, gases e nutrientes minerais, ou ainda presença de predadores (p. ex.: nematoides), associações simbióticas (p. ex.: micorrizas = associações entre a raiz da planta e fungos micorrízicos não patogênicos), contato com raízes de outras espécies, entre outros.

A parte aérea precisa também informar a raiz sobre a situação na região acima do solo, em termos de temperatura, umidade, luminosidade, disponibilidade de gases, presença de predadores, parasitas, entre outros. Por exemplo, alterações na disponibilidade de água na raiz afetará significativamente a realização da fotossíntese na parte aérea, bem como, a transpiração e respiração. Portanto, é uma rede complexa de interações.

Ao perceber a variação no fator ambiental, tanto “favorável” quanto “desfavorável”, a planta secreta substâncias químicas (sinalizadores), dentre elas os hormônios, que se deslocam para diferentes tecidos e/ou órgãos desencadeando respostas diversas. O deslocamento dessas substâncias a curtas distâncias geralmente é por difusão ou via plasmodesmos (comunicações intercelulares), e a longas distâncias via xilema ou floema (por fluxo de massa).

Pesquisas recentes revelaram que as plantas são capazes de ouvir a predação por uma lagarta, ou seja, a planta percebe que há uma lagarta comendo suas folhas por meio das vibrações sonoras geradas pelo predador no ato de cortar as folhas antes de ingeri-las. Dessa forma, a planta produz sinalizadores químicos que são liberados e circulam pelo corpo todo dando um “sinal de alerta”. Assim, são produzidos e liberados, principalmente nas folhas novas, compostos que visam tornar as folhas menos saborosas ou ainda substâncias que podem causar uma tremenda indigestão no predador, talvez levando-o à morte.

Outro dado superinteressante é que uma planta que está sendo predada pode informar outras próximas por meio das micorrizas. Isso mesmo! As

micorrizas são associações entre fungos (micorrízicos) e raízes de plantas que formam uma rede de comunicação subterrânea. É sabido que estas parcerias possibilitam trocam de nutrientes, assim sabe-se que os fungos compartilham nutrientes minerais com as plantas e estas passam compostos orgânicos fotoassimilados para os fungos. Portanto, segundo Susanne Simard (https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other?utm_campaign=tedsread&utm_medium=referral&utm_source=tedcomshare), a novidade é que as micorrizas possibilitam redes de comunicações entre plantas (da mesma espécie e entre espécies diferentes) similar à internet. Além disso, os estudos da pesquisadora mostraram que os ambientes florestais são mais colaborativos do que competitivos.

4. Como está organizado o corpo das plantas?

A história de vida de uma planta, de modo geral, se inicia com a fecundação via reprodução sexuada. No caso das Angiospermas, grupo no qual vamos focar nossas análises e exemplos, trata-se da dupla fecundação, um dos gametas masculinos (haploide=possui metade do número de cromossomos) fecunda a oosfera (gameta feminino - haploide) e forma o zigoto (diploide), e o outro gameta masculino (haploide= n) fecunda os núcleos polares ($n+n$), formando o tecido triploide ($3n$) denominado endosperma (ou tecido de nutrição). Este tecido de nutrição pode ser encontrado na semente madura após a dispersão ou ainda ser utilizado pelo embrião dentro da semente, daí nem sempre é visualizado.

As Angiospermas possuem uma estreita relação com os animais polinizadores, principalmente os insetos (abelhas, besouros, mariposas, borboletas, moscas, etc.). Assim, a flor é o órgão responsável por abrigar e proteger os órgãos sexuais da planta, bem como, atrair os polinizadores, por meio do cálice (conjunto de sépalas, geralmente na cor verde) e corola (conjunto de pétalas, geralmente delicadas e coloridas) que participam do processo.

No caso de uma flor hermafrodita, que apresenta os dois tipos de órgãos sexuais, gineceu (feminino) e androceu (masculino) se localizam muito próximos. O gineceu é composto, da parte mais externa para a mais interna (de fora para a parte interna da flor), pelo estigma, estilete e ovário. No interior do ovário temos

os óvulos e estes abrigam o saco embrionário ou megagametófito que, quando maduro, pode apresentar sete células e oito núcleos: três antípodas na região calazal, a oosfera (gameta propriamente dito) e duas sinérgides na região micropilar, e na porção central está a célula binucleada denominada núcleos polares. O androceu é constituído pelo conjunto de estames, cada estame possui a antera e o filete. Na antera ocorre a produção dos grãos de pólen que abrigam em seu interior o microgametófito maduro, geralmente, constituído por duas células: célula vegetativa (fará o crescimento do tubo polínico) e células espermáticas (núcleos espermáticos).

Para que os grãos de pólen saiam da antera e cheguem até o estigma, da mesma flor, ou de outra flor na mesma planta, ou na flor de outro indivíduo da mesma espécie, há necessidade de participação dos agentes polinizadores (aqueles que transportam o grão de pólen). Estes podem ser os animais (com destaque para os insetos), o vento, a água, a gravidade, ou ainda, uma combinação destes. Os animais procuram a flor em busca de recompensas (néctar, ceras, pólen, outros) e as plantas são *experts* em manipular os animais para que eles realizem, com o máximo de eficiência, o processo de polinização.

Quando o grão de pólen entra em contato com o estigma ocorre uma reação química de reconhecimento, se a “chave” for correta para aquela “fechadura”, reações subsequentes promoverão a germinação da célula que formará o tubo polínico através do qual, pela ação da gravidade, se deslocarão as células espermáticas até o óvulo que está inserido no ovário. Este será penetrado pelo tubo na micrópila e em seguida ocorrerá a dupla fecundação, conforme comentamos acima.

O zigoto sofre divisão mitótica transversal assimétrica que origina duas células, a célula apical menor, sofrerá várias divisões para formar o embrião (futura planta), e a célula basal maior, alongada, dará origem ao suspensor, estrutura que fixa a posição de desenvolvimento do embrião e o conecta ao sistema vascular da planta-mãe. Esta polaridade é essencial para a embriogênese (formação do embrião) e organogênese (formação dos órgãos vegetativos) subsequentes.

O embrião é dotado de tecidos meristemáticos (protoderme, procâmbio e meristema fundamental) essenciais para a formação de todas as estruturas

vegetativas do corpo da planta, após a germinação. A Protoderme dá origem ao tecido de revestimento denominado epiderme; o Procâmbio forma os tecidos vasculares – xilema e floema; e o Meristema Fundamental dá origem aos tecidos de preenchimento – parênquima, colênquima e esclerênquima.

Além disso, associado ao embrião (eixo embrionário= eixo caulinar/plúmula + hipocótilo + radícula), no interior da semente, podemos encontrar um (nas monocotiledôneas) ou dois cotilédones (nas eudicotiledôneas). Os cotilédones são reservas nutritivas que favorecem o crescimento e desenvolvimento da plântula, após a germinação.

Após a germinação da semente há o estabelecimento da plântula ou planta jovem. Há plantas que durante toda a sua vida vão apresentar apenas o crescimento primário (plantas herbáceas), já outras, denominadas lenhosas (árvores e arbustos) vão também apresentar o crescimento secundário dos órgãos. A planta é considerada jovem até realizar a primeira reprodução sexuada (floração), a partir daí consideramos que se trata de uma planta adulta.

As plantas perenes, após a primeira floração, geralmente entram na fase reprodutiva todo ano, mas isso pode variar conforme o estado fisiológico da planta, bem como, devido a interações com o ambiente.

Os meristemas têm papel importante para o crescimento/desenvolvimento das plantas. Os meristemas (primários) se distribuem pelo corpo todo das plantas e se localizam em partes estratégicas: meristema apical do caule, meristema apical da raiz, meristemas axilares (gemas, nas axilas das folhas).

Nestes meristemas encontramos a **protoderme** que se diferenciará em epiderme (tecido de revestimento), **procâmbio** que se diferenciará em xilema e floema (tecidos de condução de seivas – bruta=rica em água e minerais; elaborada=rica em substâncias orgânicas), e **meristema fundamental** que se diferenciará nos tecidos de preenchimento (parênquima, colênquima e esclerênquima).

Os meristemas laterais são responsáveis pelo crescimento radial (crescimento secundário) das plantas lenhosas. Neste tipo de crescimento temos o **câmbio vascular** que produz o sistema vascular secundário (xilema e floema secundários) e o **câmbio suberoso** que produz a periderme (revestimento) que consiste em felogênio (meristema), felema (súber) e feloderme (tecido

meristemático). O termo “casca” abarca o floema primário, floema secundário e periderme.

As plantas terrestres ficarão com a raiz inserida no solo, esta será responsável pela fixação da planta, absorção de água e nutrientes minerais. O sistema radicular é a parte mais importante da planta, no momento da germinação é a primeira estrutura que sairá da semente possibilitando condições para o desenvolvimento da parte aérea. Destaca-se que a raiz possui muitos sensores que são extremamente importantes na percepção de fatores ambientais. Charles Darwin e Francis Darwin em 1880 publicaram o livro “*The power of movement in Plants*”. Segundo os autores as pontas das raízes agem como “cérebros”.

A parte aérea vegetativa é constituída pelo caule e folhas dotados de poros (estômatos, localizados na epiderme foliar) que possibilitam a maior parte das trocas gasosas e transpiração (perda de água na forma de vapor). Além disso, os pigmentos (clorofilas e carotenoides), presentes, principalmente, nas folhas (nas células parenquimáticas), são essenciais para a captação da luz e realização de fotossíntese. Ressalta-se que tanto a raiz quanto a parte aérea realizam a respiração, processo essencial aos seres vivos. Contudo a realização e fotossíntese depende do contato do órgão vegetal com a luz, bem como, presença dos pigmentos.

5. Como as plantas se reproduzem?

A evocação floral é o processo em que o meristema apical do caule produz flores, assim a planta entra na fase reprodutiva sexuada. Plantas anuais podem florescer algumas semanas após a germinação, já as árvores, em geral, crescem por 5 anos (ou mais) antes de florescerem. A mudança do estágio vegetativo para o reprodutivo envolve processos fisiológicos (ação de hormônios e outros sinais químicos) e a interação destes com a percepção de sinais ambientais, tais como: temperatura e fotoperiodismo.

Nas Angiospermas as **flores** são os órgãos que abrigam as partes reprodutivas (gineceu-feminina e androceu-masculina) e são extremamente diversificadas (formas, cores, tamanhos, estruturas, aromas). As flores podem se apresentar de forma isolada ou agrupada em inflorescências de diferentes

tipos. As flores podem ser unissexuadas (feminina ou masculina) ou hermafroditas (duas estruturas sexuais na mesma flor).

O indivíduo (planta/espórofito) pode ser unissexuado, quando só produz flores de um tipo sexual (masculino ou feminino), ou apresenta predomínio de um tipo de flor, ou hermafrodito quando produz flores hermafroditas, em maioria.

A espécie pode ser monoica, dioica ou hermafrodita, fato relacionado com a sexualidade das flores do indivíduo. A espécie monoica é aquela que a reprodução sexuada envolve apenas um indivíduo que, em geral, produz flores masculinas e femininas na mesma planta. Neste caso, há polinização cruzada entre flores no mesmo indivíduo.

A espécie dioica apresenta indivíduo que só produz flores femininas e outro indivíduo que só produz flores masculinas. Para que a reprodução sexuada ocorra há necessidade de que os dois tipos de indivíduos estejam próximos geograficamente e a polinização cruzada envolve a troca genética entre flores de indivíduos diferentes. As espécies hermafroditas produzem flores hermafroditas, em maioria. Neste caso pode ocorrer tanto a autopolinização, quanto, em menor probabilidade, polinização cruzada. Os aspectos relatados influenciam a diversidade genética das populações de plantas.

Após a fecundação, devido à ação de vários hormônios, o ovário irá se desenvolver em **fruto** e o óvulo em **semente**. As Angiospermas podem apresentar frutos secos (com pericarpo desidratado), como por exemplo o fruto do Ipê Amarelo do Cerrado, e frutos carnosos (com pericarpo suculento), como o fruto da Goiabeira ou da Jabuticabeira. Os frutos representam reservatórios que abrigam e protegem as sementes e auxiliam na sua dispersão para longe da planta mãe. Esta dispersão pode ocorrer pela ação de agentes abióticos (vento, água e gravidade) ou por agentes bióticos (animais: aves, mamíferos, répteis). No caso dos animais dispersores estes buscam o fruto como alimento e de modo indireto fazem a dispersão das sementes. As sementes são “capsulas” de proteção do embrião (futura planta), pequeno e frágil. Elas possuem um revestimento (testa), que pode ser fino e delicado ou ainda bem duro e espesso. No interior da semente, em geral, temos o embrião associado a um ou a dois cotilédones e o endosperma, este pode estar ou não presente no momento da dispersão.

As plantas também podem realizar reprodução assexuada ou propagação vegetativa. Neste caso, partes do corpo vegetativo da planta (propágulos vegetativos) se destacam e podem possibilitar o crescimento de um novo indivíduo completo, lembrando que este será clone da planta-mãe. Nossas avós sabem muito bem disso, não é verdade!? Frequentemente quando estão visitando a casa de alguém pedem uma “mudinha” daquela planta linda que observaram, ou seja, faz-se a secção de uma parte da planta de interesse (geralmente, um ramo do caule) e este servirá como propágulo vegetativo para a nova planta.

A observação da natureza e das habilidades das plantas possibilitou o desenvolvimento de várias técnicas de propagação vegetativa pelo ser humano, dentre estas podemos mencionar: estaquia, enxertia, alporquia e propagação via cultura de tecidos.

Um tipo interessante e complexo de reprodução assexuada é a **Apomixia (ou Agamospermia)**. Neste tipo de reprodução temos a formação de sementes férteis, ou seja, sementes que portam um embrião viável, contudo sem a ocorrência de fecundação. Alterações na formação dos gametas femininos durante a meiose (tipo de divisão celular que reduz pela metade o número de cromossomos) estão relacionados à apomixia. Assim, o embrião se desenvolve a partir de células do ovário ou óvulo da planta-mãe, portanto é um clone. É importante ressaltar que há situações em que a planta se reproduz pela via sexual e apomítica ao mesmo tempo. Tal aspecto tem sido observado em plantas que apresentam poliembrionia, ou seja, dentro da semente há mais de um embrião, em geral um é produto da fecundação (via reprodução sexuada) e os demais são apomíticos.

Podemos perceber que a reprodução em plantas é um evento bem complexo e distinto dos animais. Há necessidade de mais pesquisas nessa área buscando, cada vez mais, desvendar os mistérios das plantas.

Um pouco de história da Biologia

No final do século 19 e início do século 20 as correntes prevalentes do pensamento evolucionista preconizavam que a vida seria uma luta na qual os mais fortes, os mais rápidos e os mais astutos sobreviveriam e deixariam

descendentes... Um dos mais destacados defensores deste pensamento era Thomas Henry Huxley (Sheldrake, 2021). Huxley se inspirava na teoria da evolução por seleção natural de Charles Darwin, trabalho publicado em 1859, que preconiza que espécies surgem ao divergir umas das outras.

Contudo, o estudo dos líquens abriu caminho para novas proposições e ideias sobre as interações na natureza. Líquens possibilitaram o surgimento do conceito de simbiose, uma ideia que ia contra as correntes de pensamento prevalentes à época.

O termo simbiose foi cunhado por Albert Frank em 1877 para descrever a vida conjunta de fungos e algas. Logo depois, o biólogo Heinrich Anton de Bary utilizou este termo para generalizar todo o espectro de interações entre organismos, compreendendo tanto relações benéficas quanto relações de parasitismo. Frank foi um dos pioneiros ao afirmar em 1885 que fungos podem ajudar as plantas a obter nutrientes do solo via micorrizas.

Líquens são associações entre fungos e algas, ou entre fungos e cianobactérias (bactérias fotossintetizantes); dito de outro modo, são simbioses entre micobiontes e fotobiontes. Os líquens são extremófilos conseguindo colonizar rochas nuas. Portanto, são capazes de iniciar novos ecossistemas. Por meio do intemperismo extraem nutrientes da rocha nua, e quando morrem e se decompõem, dão origem aos primeiros solos. “Os líquens permitem que a massa mineral inanimada dentro das rochas passe para o ciclo metabólico dos seres vivos” (Sheldrake, 2021, p. 88).

O estudo dos líquens foi a centelha para novos entendimentos na Biologia. Lynn Margulis foi uma das mais destacadas defensoras do papel central da simbiose na história evolutiva da vida. Em 1967 publicou um artigo que discutia sobre a teoria da endossimbiose. Segundo a cientista, os eucariotos surgiram quando um organismo unicelular engolfou uma bactéria que continuou a viver simbioticamente dentro dele. As mitocôndrias seriam descendentes dessas bactérias e os cloroplastos descendentes de bactérias fotossintetizantes que haviam sido engolfadas por uma célula eucariótica primitiva. “Toda a vida complexa que se seguiu, inclusive a vida humana, foi uma história duradoura de “intimidade entre estranhos”” (Sheldrake, 2021, p. 93).

Mais recentemente o trabalho de Suzanne Simard (primeira publicação em 1997 na Revista *Nature*) destacou a importância das redes micorrízicas compartilhadas na transferência de compostos (carbono, nitrogênio, fósforo e água) e informações (hormônios, compostos tóxicos, sinalizadores químicos) entre as plantas em ambientes florestais. Tal descoberta ressaltou que devemos dar menos ênfase na competição na natureza!

Redes micorrízicas compartilhadas incorporam o princípio mais básico da ecologia: os organismos se relacionam. A palavra ecologia foi cunhada por Ernst Haeckel em 1866 e descreve o estudo das relações entre os organismos e o ambiente. Conforme Alexander von Humboldt, o estudo da ecologia surgiu da ideia de que a natureza é um todo interconectado, os organismos não podem ser entendidos de forma isolada.

Os relatos apresentados ressaltam a importância de se compreender que a complexidade rege a natureza e que os nossos modelos explicativos são sempre simplificações diante do enredo da vida.

Referências Citadas

Damásio, A. **A estranha ordem das coisas**: as origens biológicas dos sentimentos e da cultura. Companhia das Letras. 2018.

Levins, R.; Lewontin, R. **Dialética da Biologia**: ensaios marxistas sobre Ecologia, agricultura e saúde. São Paulo: Expressão Popular, 1ª edição, 2022.

Mancuso, S. **Revolução das plantas**: um novo modelo para o futuro. Ubu Editora. 2019.

Maturana, H. R. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte, Editora UFMG. 2014.

Maturana, H. R.; Varela, F. J. **A árvore do conhecimento**: as bases biológicas da compreensão humana. Palas Athena. 2001.

Sheldrake, M. **A trama da vida**: como os fungos constroem o mundo. São Paulo: Fósforo/Ubu Editora, 2021.

Ursi, S.; Salatino, A. É tempo de Superar termos Capacitistas no Ensino de Biologia: “Impercepção Botânica” como alternativa para “Cegueira Botânica”.

Bol. Bot. Univ. São Paulo, São Paulo, v. 39, p. 1-4, 2022.