

UNIDADE I

INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA VEGETAL: CONCEITO E APLICAÇÕES

**Dr. José Tarquinio Prisco
Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D.
Prof. Emérito/UFC**

INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA VEGETAL: CONCEITOS E APLICAÇÕES

1. Importância das Plantas para a Humanidade

O estudo das plantas desperta interesse, não só por simples curiosidade, mas, principalmente, devido ao fato de serem essenciais e imprescindíveis ao homem. A história do *Homo Sapiens* em nosso planeta é uma demonstração inequívoca de que desde os primórdios de sua existência, ele depende direta ou indiretamente, das plantas que vivem na superfície terrestre, nos oceanos, nos lagos e nos rios. É por esta razão que muitos afirmam que a história da Botânica confunde-se com a história da humanidade. As populações primitivas se interessaram pelas plantas, não só porque forneciam madeira que era utilizada para fabricar suas moradias, seus instrumentos de caça e de pesca, mas, principalmente, devido às propriedades alimentícias, tóxicas e medicinais dos vegetais.

O homem contemporâneo continua estreitamente dependente das plantas. Considerando-se apenas as plantas possuidoras de sistema vascular (pteridófitas, gimnospermas e angiospermas), verifica-se que elas fornecem: alimentos para o homem e animais; madeira para moradia e mobiliário; fibras para vestimenta; medicamentos para prevenção e cura de doenças em animais e no homem; papel, borracha, temperos, bebidas alcoólicas (aguardente, whisky, gim, rum, vodka, vinho, licor, cerveja, etc.) e não alcoólicas (sucos, chá, café, chocolate, etc.); combustíveis e seus derivados (madeira, álcool, querosene, gasolina, asfalto, plásticos, fertilizantes, etc.). Além disto, as plantas contribuem para o embelezamento do meio físico e manutenção do oxigênio atmosférico em níveis que permitem a vida animal em nosso planeta. Esta dependência gerou o interesse no estudo dos diversos aspectos do vegetal, tais como: sua estrutura (morfologia) e a origem dos diferentes tecidos e órgãos que compõem o corpo da planta (morfogênese); como as características do vegetal são transmitidas de geração em geração (genética); como as plantas são classificadas e quais as suas relações filogenéticas (taxonomia e sistemática); como as plantas estão distribuídas na superfície terrestre (fitogeografia); como as plantas interagem com o ambiente que as cerca (ecologia); e, finalmente, como os vegetais crescem e se multiplicam (Fisiologia).

2. Conceito de Fisiologia Vegetal e seu Relacionamento com outras Ciências

De maneira simplista, a fitofisiologia é o ramo da botânica que trata dos fenômenos vitais que ocorrem nas plantas, ou seja, como funcionam os vegetais. Mais especificamente, **ela estuda os processos e funções do vegetal, bem como as respostas das plantas às variações do meio ambiente (solo, clima e outras espécies vegetais e animais)**. Entende-se por processo qualquer seqüência natural e contínua de acontecimentos que possa ser observada nas plantas. Dentre eles pode-se citar: fotossíntese, respiração, absorção e condução de água e de nutrientes, translocação de fotoassimilados, germinação, floração, etc. Considera-se função como sendo a atividade natural de uma parte qualquer do vegetal, ou seja, o papel desempenhado por um órgão, tecido, célula, organela ou constituinte químico da planta. Por exemplo, a atividade fundamental dos cloroplastos é a fotossíntese e a das mitocôndrias é a respiração, já os estômatos desempenham papel importante no controle da difusão, para dentro ou para fora, de vapor de água, de CO₂ e de O₂. Estas organelas e células estão localizadas nas folhas, que são órgãos onde ocorrem a fotossíntese, respiração e transpiração.

No estudo dos seres vivos a relação entre estrutura e função, apesar de complexa, pode ser visualizada como interdependente, ou seja, a função depende da estrutura e esta última é criada (gerada) pela função. A Figura 1 ilustra estas inter-relações, partindo-se do nível organizacional mais simples para o mais complexo.

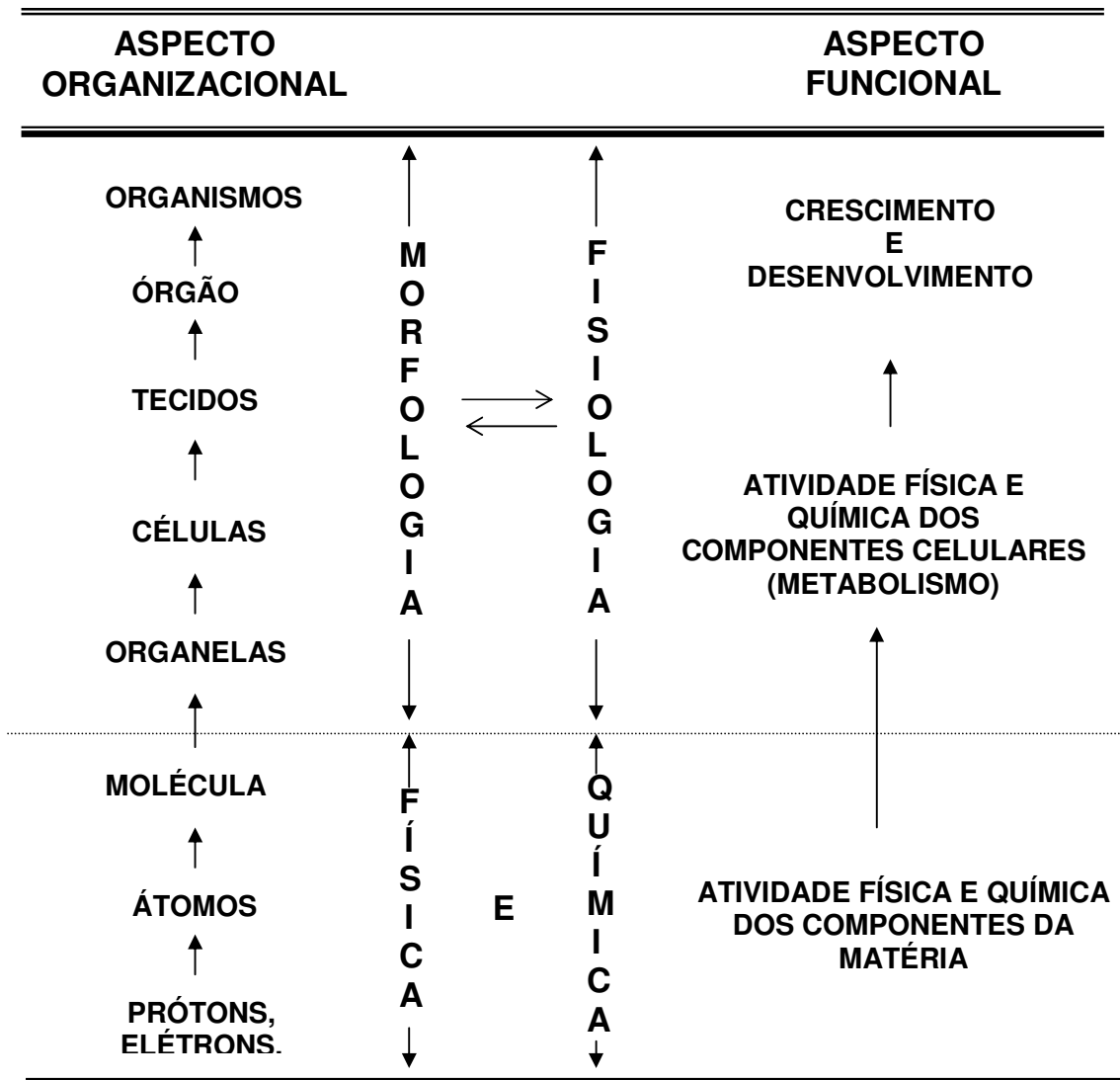


Figura 1 – inter-relações entre estrutura e função nos seres vivos.

A análise mais acurada deste esquema (Figura 1) mostra que as **plantas possuem moléculas inertes**, as quais são formadas de átomos, que, por sua vez, são constituídos de prótons, elétrons, nêutrons, etc. Por outro lado, **a matéria inanimada** encontrada no ambiente que nos rodeia e representada por rochas, areia, barro, atmosfera, solução aquosa de rios, lagos, lagoa e oceanos, também é constituída dos mesmos componentes. Quando estas moléculas, proveniente dos vegetais ou da matéria inanimada, são isoladas e examinadas individualmente, elas obedecem às leis da física e da química que descrevem o comportamento (atividade) da matéria inanimada. Apesar de serem constituídos dos mesmos componentes encontrados na matéria não viva, os vegetais são bem mais complexos e altamente organizados. A **matéria inanimada** consiste de uma mistura ao acaso de compostos químicos, que são relativamente simples, enquanto que nos **vegetais** as moléculas são agrupadas em organelas bem estruturadas e que são componentes celulares. Estas, por sua vez, estão organizadas em tecidos, que se agrupam para formar os diferentes órgãos da planta.

As atividades físicas e químicas dos componentes da matéria são objeto de estudo da física e da química, respectivamente. Entretanto, o comportamento (atividade) físico (a) e químico (a) dos componentes celulares, conhecido como **metabolismo**, é estudado na Bioquímica e na Fitofisiologia (Fisiologia Vegetal). Os efeitos do metabolismo no crescimento e no desenvolvimento das plantas, bem como os efeitos das variações ambientais no metabolismo e por via de consequência, no crescimento e desenvolvimento, são também objeto de estudo da Fisiologia vegetal.

Pode-se ainda concluir que a **organização estrutural das macromoléculas, organelas, células, tecidos e órgãos do vegetal é fundamental para um crescimento e desenvolvimento equilibrados** (Figura 1). Portanto, mudanças no ambiente que redundem em alterações estruturais, quase sempre, resultam em efeitos sobre o metabolismo e, por via de consequência, sobre o crescimento e desenvolvimento do indivíduo. Em resumo, **o perfeito funcionamento do vegetal depende, basicamente, de sua organização estrutural e da atividade física e química dos componentes celulares**. A consequência disto é que os fitofisiologistas, além dos conhecimentos de anatomia e de citologia, devem possuir uma boa base de física e de química, pois o estudo da Fisiologia Vegetal fundamenta-se e utiliza metodologias próprias destas ciências.

Quando se analisa o efeito das variações ambientais sobre o crescimento e desenvolvimento do vegetal verifica-se que isto depende, em grande parte, do genótipo do indivíduo. Para que se possa entender isto se deve ter em mente que o crescimento e desenvolvimento dependem das atividades físicas e químicas dos componentes celulares, que, por sua vez, são regulados graças a interação entre o patrimônio genético do indivíduo – potencial hereditário - e o meio ambiente (Figura 2). Outra conclusão que pode ser extraída desta figura é que quando qualquer fator ambiental afeta o crescimento e desenvolvimento de um indivíduo ele só poderá fazê-lo através de mudanças no metabolismo do indivíduo. Isto significa que para que se possa entender claramente como o crescimento e desenvolvimento do vegetal são afetados por determinado fator ambiental, precisa-se saber como ele afeta as atividades físicas e químicas dos componentes celulares deste indivíduo.

Visualiza-se melhor o significado da interação genótipo-ambiente quando se semeia, em determinada área, um grupo de sementes de arroz e outro de feijão. O patrimônio genético contido no genoma de cada uma destas espécies garantirá que as plantas produzidas a partir das sementes de cada uma delas tenham as características morfológicas (fenótipo) do arroz ou do feijão. Entretanto, é o ambiente que irá determinar se as plantas serão vigorosas ou raquíticas, turgescer ou murchas, se irão florescer ou permanecer em estado vegetativo, e assim por diante. Como será visto posteriormente, dos fatores ambientais que afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas, **a luz** (intensidade, qualidade e duração), **a umidade** (do solo e da atmosfera), **a temperatura** (do solo e do ar), **a concentração de sais**

solúveis no solo (ânions: cloretos, sulfatos, carbonatos e bicarbonatos – raramente nitratos; cátions: sódio, magnésio e cálcio – raramente potássio) e **de gases na atmosfera** (O₂, CO₂, C₂H₄, O₃, CO, SO₂, H₂S, HF, NO, NO₂ e compostos orgânicos voláteis) são os mais importantes. Apesar de muitos dos efeitos destes fatores ambientais no crescimento e desenvolvimento já serem conhecidos, ainda falta muito para que se possa explicar o que ocorre a nível celular e molecular. A compreensão do que ocorre a este nível poderá fornecer ao homem os conhecimentos básicos indispensáveis ao desenvolvimento de métodos e técnicas de manejo capazes, não só de otimizar a produção agrícola como também evitar possíveis efeitos deletérios de certos fatores ambientais sobre o crescimento e desenvolvimento dos vegetais.

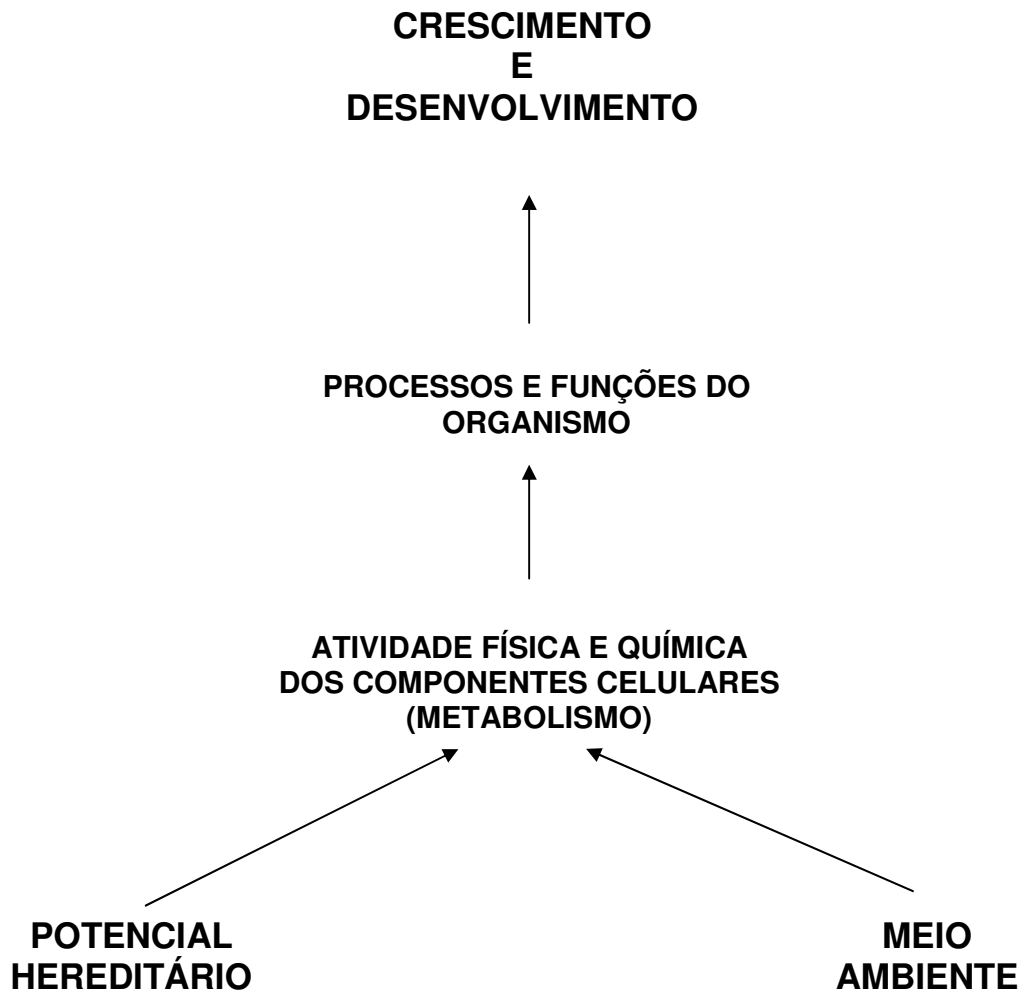


Figura 2 – Relação entre potencial hereditário, meio ambiente e crescimento e desenvolvimento do vegetal.

3. Aplicações da Fisiologia Vegetal

Além dos aspectos teóricos, que ajudam o homem a entender como as plantas nascem, crescem e se reproduzem, os estudos da Fisiologia Vegetal fornece conhecimentos que possibilitam um manejo mais adequado dos indivíduos e das populações vegetais cultivadas e nativas, como se acabou de discutir.

Apesar da fitofisiologia ter aplicações na **ecologia**, no **paisagismo** e **jardinagem**, na **farmacologia** e na **fitoquímica**, foi na **agricultura** (olericultura, fruticultura, silvicultura, floricultura, forragicultura, e agricultura propriamente dita) onde os conhecimentos oriundos desta ciência causaram maior impacto. Uma boa produção agrícola é consequência de um crescimento e desenvolvimento adequados, os quais dependem da operação equilibrada dos diversos processos e funções do vegetal. Examinando-se as altas produtividades observadas na chamada **agricultura moderna** verifica-se que isto se deve, basicamente, a **utilização de cultivares mais produtivos** (contribuição da Genética e do Melhoramento), ao **uso de fertilizantes** (contribuição da Fisiologia e da Ciência do Solo), ao **uso de pesticidas** (contribuição da Fitopatologia e da Entomologia), ao **uso de irrigação e de máquinas agrícolas** (contribuição da Engenharia Agrícola, da Ciência do Solo e da Ecofisiologia), ao **uso de técnicas de propagação vegetativa** (contribuição da Fisiologia) e, finalmente, ao **uso de técnicas de armazenamento e de transporte de sementes, de frutos e de hortaliças** (contribuição da Engenharia Agrícola e da Fisiologia). Estes fatos, por si só, demonstram quão importante tem sido a contribuição desta ciência para o desenvolvimento da agricultura.

Convém salientar, entretanto, que a utilização inadequada de algumas destas tecnologias tem provocado, não só o aumento exagerado no consumo de energia e de fertilizantes provenientes de fontes não renováveis, como também tem se constituído em ameaça para a vida em nosso planeta. Os exemplos mais conspícuos disto são a salinização e poluição dos solos e das águas e a poluição dos alimentos decorrente do uso inadequado de defensivos agrícolas. Além disto, o aumento constante da população de nosso planeta vai nos forçar, cada vez mais, a utilizar áreas que hoje são consideradas inadequadas para a agricultura, devido a falta ou excesso de água, problemas de salinidade, de sodicidade, de acidez e alcalinidade dos solos, e, finalmente, temperaturas altas ou baixas.

Mais uma vez, os fitofisiologistas estão sendo chamados para colaborar na solução destes problemas, através de estudos que visam:

- a) O esclarecimento dos mecanismos envolvidos na absorção e transporte de nutrientes, bem como dos de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, encontrado em algumas espécies vegetais; estas descobertas, por certo, contribuirão para otimizar o uso de fertilizantes e poderão fornecer subsídios para que se transfira a característica de fixar nitrogênio para espécies que não a possuem; a consecução destes objetivos possibilitará uma grande economia de fertilizantes originados de fontes não renováveis;
- b) A compreensão dos mecanismos envolvidos na resistência aos diversos tipos de estresses sofridos pelas plantas, a fim de que se possa desenvolver métodos e técnicas de manejo que sejam capazes de minorar os efeitos deletérios do estresse; informações deste tipo, quando acopladas ao trabalho de biólogos moleculares e de melhoristas podem redundar no desenvolvimento de cultivares que sejam produtivos e menos susceptíveis aos diferentes tipos de estresse;
- c) O estudo dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvendo a relação patógeno/planta e inseto/planta; uma melhor compreensão do que ocorre na fisiologia das plantas susceptíveis e daquelas que são resistentes ao ataque do patógeno ou inseto poderá fornecer dados fundamentais para o controle biológico

das doenças e pragas, e, até mesmo possibilitar a descoberta de “medicamentos curativos”.

4. Dificuldades Encontradas no Estudo da Fitofisiologia

Ao se examinar os representantes dos diferentes grupos que compõem os vegetais, verifica-se que dentre as cerca de meio milhão de espécies de plantas, são encontrados indivíduos que possuem as mais variadas formas, tamanhos, ciclos de vida e que vivem em diferentes habitats. Estes fatos criam enormes dificuldades aos fitofisiologistas no que diz respeito a generalizações sobre os processos e funções de todos estes grupos de indivíduos e de como o ambiente modifica estes processos e funções. Estas dificuldades, associadas a razões de ordem econômica, levaram os fisiologistas a concentrarem seus esforços no estudo das plantas produtoras de sementes (gimnospermas e angiospermas). Entretanto, como os representantes destes grupos são indivíduos bastante complexos, do ponto de vista morfo-fisiológico, os pesquisadores têm lançado mão do artifício de estudar organismos mais simples (algas e bactérias, por exemplo), extrapolando os conhecimentos adquiridos nestes estudos para as plantas vasculares. Exemplos disto são os estudos sobre absorção de íons e de solutos, em geral, que foram realizados com algas dos gêneros *Chara* e *Nitella*, os de fotossíntese, especialmente aqueles relacionados com a fixação e assimilação do CO₂, que foram feitos em algas dos gêneros *Scenedesmus* e *Chlorella*, além dos estudos sobre o metabolismo dos ácidos nucléicos e proteínas, os quais foram, inicialmente, levados a cabo na bactéria *Escherichia coli*.

Outro fator que limita o estudo dos processos e funções do vegetal, especialmente a nível celular, é a dificuldade de se medir *in vivo* a atividade metabólica nos diversos compartimentos da célula. Geralmente, o que se faz é quebrar a integridade estrutural do tecido e de suas células com o auxílio de técnicas que envolvem maceração e centrifugação, a fim de se isolar organelas ou o citosol, onde, então, são feitas as análises físicas e químicas *in vitro*. Este tipo de enfoque experimental que envolve a extrapolação de fenômenos que ocorrem em um tubo de ensaio para o organismo vivo, apesar de não ser o ideal, tem sido responsável pela elucidação de muitos dos mecanismos envolvidos nos processos fisiológicos.

Finalmente, como os métodos utilizados na Fisiologia Vegetal são físicos, químicos ou anátomo-citológicos, os equipamentos utilizados estão, cada vez mais caros e sofisticados, dificultando a aquisição dos mesmos por grupos de pesquisadores que não tenham um bom suporte financeiro para seu trabalho.

LEITURAS RECOMENDADAS

RAVEN, P. H., EVERT, R. F. & EICHHORN, S. E. **Biology of Plants**. 5th ed., Worth Publishers, Inc., New York, USA, 791p.

AUTORES DIVERSOS: **Annual Review of Plant Physiology**. Publicação anual que teve seu primeiro volume publicado em 1950 e em 1988 (vol. 39) passou a denominar-se de **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. Ann. Ver., Inc. (ed.), Palo Alto, California, USA.