

# NUTRIÇÃO FUNCIONAL

*Brazilian Journal of Functional Nutrition*



Centro de  
**Nutrição  
Funcional**



ISSN 2176-4522

ano 18. edição 73

[www.vponline.com.br](http://www.vponline.com.br)

## RECEITA

Bolinho assado de  
grão-de-bico e especiarias

**Efeitos do exercício nas respostas  
moleculares e hormonais que induzem a lipólise**

**Prevenção e tratamento da  
esteatose hepática pelos alimentos**

**Série Agroecologia - Parte IV**  
**Água: Recurso finito vital à sobrevivência das populações e do planeta**

*Iniciando mais um ano de atualizações científicas, esta edição conta com temas relevantes para agregar mais conhecimento à prática clínica de nossos leitores.*

*A esteatose hepática é um desequilíbrio que acomete centenas de pessoas todos os anos e está associada ao aumento da obesidade a estilos de vida não saudáveis. Trazemos, assim, uma importante revisão sobre o papel da nutrição nessa doença, ressaltando que por meio de alimentos ricos em vitaminas, minerais e compostos bioativos, é possível reduzir os riscos e auxiliar no seu tratamento.*

*Os alimentos são as principais fontes dos nutrientes essenciais para a modulação e equilíbrio das funções orgânicas, sendo o principal objeto de trabalho do nutricionista. Na prática clínica, em alguns casos, de acordo com a individualidade bioquímica, a suplementação nutricional pode ser uma ferramenta complementar. Nesse contexto, apresentamos um artigo esclarecedor sobre os fatores que podem influenciar a efetividade da suplementação, reforçando a importância da prescrição de forma ética, responsável e segura.*

*Na área de nutrição esportiva, apresentamos atualizações sobre a aplicação da dieta de FODMAPs em atletas e seus efeitos no sistema gastrointestinal e sobre os efeitos do exercício nas respostas moleculares e hormonais que induzem a lipólise, que trazem informações relevantes para o tratamento nutricional de atletas e praticantes de atividade física que buscam saúde e rendimento.*

*No âmbito da agroecologia e sustentabilidade, trazemos dados importantes para o entendimento do papel do estresse ambiental no metabolismo secundário das plantas e como os sistemas de produção convencionais e naturais podem impactar na qualidade nutricional dos alimentos. Ainda nesse aspecto, nossa série de Agroecologia vem ao encontro do 8º Fórum Mundial da Água, fortalecendo o conceito da água como recurso finito vital à sobrevivência das populações e do planeta.*

*Na gastronomia, uma nutritiva receita de bolinho assado de grão-de-bico e especiarias para dar mais sabor e vitalidade positiva à alimentação.*

*Boa leitura!*

**Dra. Paula Gandin**

*Presidente do Instituto Brasileiro de Nutrição Funcional*





Revista Brasileira de Nutrição Funcional - 2018 - edição 73

Indexação: Sumários ([www.sumarios.org](http://www.sumarios.org)) e ESALQ (<http://dibd.esalq.usp.br>)

**Diretoras Responsáveis**  
Valéria Paschoal e Andréia Naves

**Coordenação Científica**  
Ana Beatriz Baptistella  
consultoriacientifica@vponline.com.br  
Neiva dos Santos Souza  
neiva.souza@vponline.com.br

**Jornalista Responsável**  
José Maria M. Filho  
MTB - 19.852 - josemaria@vponline.com.br

**Revisão Ortográfica**  
Lemuel Cintra  
lcintra@gmail.com

**Capa, Ilustrações e Editoração**  
Bárbara Feracin Meira

**Ctp e Impressão**  
A.R. Fernandez Pré-Impressão e Gráfica  
[www.arfernandez.com.br](http://www.arfernandez.com.br)  
comercial@arfernandez.com.br

**Redação, Publicidade e Administração**  
VP Centro de Nutrição Funcional

**Associação**  
Atendimento ao Associado  
Paula Gimenez - contato@vponline.com.br  
Fone/ Fax: (11)3582-5600

As condutas nutricionais preconizadas na Revista Brasileira de Nutrição Funcional devem ser supervisionadas exclusivamente por nutricionistas ou médicos especializados.

Os editores não se responsabilizam pelo conteúdo dos anúncios, matérias e artigos assinados. A reprodução total ou parcial desta publicação só será permitida mediante autorização prévia.

**VP Centro de Nutrição Funcional**  
Fone/ Fax: (11)3582-5600  
contato@vponline.com.br  
[www.vponline.com.br](http://www.vponline.com.br)



## Coordenação e Autores

### Conselho Editorial

#### Ana Cláudia Poletto

Nutricionista pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (2002) e mestre em Ciências, com ênfase em Fisiologia Humana pela Universidade de São Paulo (2006). Pesquisadora (doutoranda, desde 2007) do programa de Fisiologia Humana da Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Fisiologia Endócrina, atuando nos temas: mecanismos transcricionais envolvidos na regulação da expressão do gene SLC2A4, sensibilidade à insulina, metabolismo lipídico, obesidade e diabetes mellitus.

#### Ana Vlândia Bandeira Moreira

Nutricionista graduada pela Universidade Estadual do Ceará (1996), mestre em Ciências dos Alimentos pela Universidade de São Paulo (1999) e doutora em Ciências dos Alimentos pela Universidade de São Paulo (2003). Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal de Viçosa (MG). Coordenadora do Laboratório de Análise de alimentos e coordenadora do Projeto de extensão pró-celíaco. Ministra as disciplinas de Técnica Dietética na Graduação e Dietética Aplicada no Mestrado e Doutorado e Gastronomia Funcional na especialização na UFV.

#### Andréia Naves

Nutricionista e Educadora Física. Diplomada pelo *The Institute for Functional Medicine* (USA) em 2007. Editora Científica da Revista Brasileira de Nutrição Funcional. Diretora da VP Centro de Nutrição Funcional. Docente convidada dos cursos de pós-graduação em Nutrição Clínica Funcional e Nutrição Esportiva Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul. Autora dos Livros "Nutrição Clínica Funcional: dos Princípios à Prática Clínica", "Nutrição Clínica Funcional: Obesidade", "Nutrição Clínica Funcional: Modulação Hormonal" e "Tratado de Nutrição Esportiva Funcional". Colaboradora do livro "Suplementação Funcional Magistral: dos Nutrientes aos Compostos Bioativos". Membro do *The Institute for Functional Medicine* – USA. Coordenadora científica dos cursos de pós-graduação em Nutrição Esportiva Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul.



## **Anna Cecília Queiroz de Medeiros**

Nutricionista pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Mestre em Ciências da Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Docente da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Experiência na área de Nutrição, com ênfase em Nutrição e metabolismo de nutrientes nos diversos estados fisiológicos.

## **Fátima Aparecida Arantes Sardinha**

Nutricionista. Doutora em Ciência dos Alimentos pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas/USP. Mestre em Ciências Aplicadas à Pediatria pela UNIFESP/EPM. Especialista em Nutrição e Saúde Pública pela UNIFESP/EPM. Docente convidada do curso de pós-graduação em Nutrição Clínica Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul.

## **Fernanda Serpa**

Diretora e Docente da Empresa Nutconsult. Nutricionista pela Universidade do Estado do RJ/UERJ. Título de residência em Clínica Médica no Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ. Pós-graduada em Nutrição Clínica Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul. Docente convidada dos cursos de pós-graduação e extensão da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul. Mestre em Clínica Médica - IPPMG/UFRJ. Nutricionista Militar do Corpo de Bombeiros do RJ. Nutricionista Municipal do Hospital Souza Aguiar.

## **Gilberti Hübscher**

Nutricionista. Mestre e Doutora em Fisiologia Cardiovascular pela UFRGS. Especialista em Gestão e Saúde pela PUC-RS, Gestão em UAN pela UNISINOS e em Saúde da Família pela ULBRA (RS). Docente convidada dos cursos de pós-graduação em Nutrição Clínica Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul e dos cursos de graduação em Nutrição e pós-graduação em Saúde e Trabalho da Feevale (RS). Membro do Instituto Brasileiro de Nutrição Funcional (IBNF).

## **Márcia Cristina Paiva**

Nutricionista, graduada na Universidade de Passo Fundo - RS. Pós-graduada em Nutrição Clínica Funcional e pós-graduada em Fitoterapia Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul. Educadora em diabetes certificada pela empresa Medtronic Brasil de equipamentos médicos (Bombas de infusão de insulina). Atua em atendimento clínico em clínica de gastroenterologia em São José dos Campos - SP.

## **Rosângela Passos de Jesus**

Professora Adjunta da Escola de Nutrição da UFBA (ENUFBA). Doutora em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina da USP. Mestre em Nutrição pela Universidade Federal de São Paulo. Especialista em Nutrição Clínica Funcional, coordenadora do Ambulatório de Nutrição e Hepatologia do Hospital Universitário Prof Edgard Santos.

## **Sandra Matsudo**

Médica Especializada em Medicina Esportiva pela Escola Paulista de Medicina - UNIFESP. Doutorado e pós-doutorado em Ciências pela Escola Paulista de Medicina - UNIFESP. Diretora Geral do Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano do Sul - CELAFISCS. Coordenadora geral do Projeto Longitudinal de Envelhecimento e Aptidão Física de São Caetano do Sul. Coordenadora pela IUHPE dos Cursos de Atividade Física e Saúde Pública - Agita Mundo. Professora Titular do Curso de Educação Física do Centro Universitário FMU. Editora Executiva da Revista Brasileira de Ciência e Movimento. Autora dos Livros: "Avaliação do Idoso - Física e Funcional", "Envelhecimento e Atividade Física" e "Obesidade e Atividade Física".

## **Valéria Paschoal**

Nutricionista. Mestre na área de Nutrição e Pediatria pela UNIFESP – EPM. Editora Científica da Revista Brasileira de Nutrição Funcional. Coordenadora científica e docente convidada dos cursos de Nutrição Clínica Funcional e Nutrição Esportiva Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional em parceria com a Universidade Cruzeiro do Sul. Diretora da VP Centro de Nutrição Funcional. Autora dos Livros "Nutrição Clínica Funcional: dos Princípios à Prática Clínica", "Suplementação Funcional Magistral: dos Nutrientes aos Compostos Bioativos", "Nutrição Clínica Funcional: câncer" "Tratado de Nutrição Esportiva Funcional" e "Nutrição & Sustentabilidade: alimentando um mundo saudável". Coordenadora da Comissão Científica do Instituto Brasileiro de Nutrição Funcional (IBNF). Membro do *The Institute for Functional Medicine* – USA. Nutricionista do CSA Brasil (*Community Supported Agriculture* - Agricultura Sustentada pela Comunidade). Membro do conselho consultivo da CNTU (Confederação Nacional dos Trabalhadores Liberais Universitários Regulamentados).

## Lista de Autores

### **Elisa de Almeida Jackix**

Nutricionista graduada pela PUC Campinas. Doutora em Nutrição Experimental Aplicada à Tecnologia dos Alimentos - UNICAMP. Mestre em Nutrição Experimental Aplicada à Tecnologia dos Alimentos - UNICAMP. Docente do curso de graduação da PUC-Campinas. Docente e supervisora de estágio na área de Nutrição Social e Educação Física da FAM, UNIMEP, METROCAMP. Docente convidada dos cursos de pós-graduação em Nutrição Clínica Funcional e Nutrição Esportiva Funcional da Universidade Cruzeiro do Sul em parceria com a VP Centro de Nutrição Funcional.

### **Fernando Oliveira Catanho da Silva**

Bacharel em Treinamento Esportivo pela UNICAMP. Licenciado em Educação Física pela UNICAMP. Especialista em Bioquímica e Fisiologia do Exercício pela UNICAMP. Doutor em Biologia Funcional e Molecular pela UNICAMP. Professor Titular do Centro Universitário Adtalem/Devry/Metrocamp, Campinas/SP. Docente convidado no curso de pós-graduação em Nutrição Esportiva Funcional pela Universidade Cruzeiro do Sul.

### **Isabela Pereira Gouveia**

Graduanda em Nutrição pelo Centro Universitário São Camilo. Estagiária em Nutrição no departamento científico da VP Centro de Nutrição Funcional.

### **Luis Gustavo Patricio Nunes Pinto**

Graduando em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (Unesp) de Bauru, integrante da Articulação Regional de Agroecologia (ARA); principais temas de pesquisa: Agroecologia, produção orgânica e biodinâmica, Agricultura familiar, sustentabilidade rural e ambiental.

### **Maiara Cristina de Lima**

Nutricionista. Especialista em Nutrição Esportiva. Membro da Academia Brasileira de Nutrição Funcional. Docente convidada no curso de pós-graduação em Nutrição Esportiva Funcional pela Universidade Cruzeiro do Sul em parceria com a VP Centro de Nutrição Funcional.

### **Márcio Leandro Ribeiro de Souza**

Nutricionista. Doutorando e mestre em Saúde do Adulto pela Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pós-graduado em Nutrição Clínica Funcional, em Nutrição Esportiva Funcional e em Fitoterapia Funcional pela Universidade Cruzeiro do Sul em parceria com a VP Centro de Nutrição Funcional. Pós-graduado em Treinamento Desportivo. Docente convidado nos cursos de pós-graduação em Nutrição Clínica Funcional, Nutrição Esportiva Funcional e Fitoterapia Funcional pela Universidade Cruzeiro do Sul em parceria com a VP Centro de Nutrição Funcional.

### **Wagner Alessandro dos Reis**

Nutricionista formado pelo Centro Universitário Newton Paiva/BH. Especialista em Formação Pedagógica para Profissionais de Saúde pela Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pós-graduado em Nutrição Esportiva Funcional e Fitoterapia Funcional pela VP Centro de Nutrição Funcional (UNICSUL). Docente convidado dos cursos de pós-graduação em Nutrição Esportiva Funcional e em Fitoterapia Funcional da VP Centro de Nutrição Funcional (UNICSUL). Nutricionista e diretor do Espaço Wagner dos Reis. *Personal Nutrition Funcional*. Ministra palestras e cursos de atualização em Nutrição Funcional.



O papel do estresse ambiental no metabolismo secundário das plantas correlacionado aos sistemas convencionais e naturais de produção de alimentos

7

12

Short Communication: aplicação da dieta de FODMAPs em atletas e efeitos no sistema gastrointestinal



Prevenção e tratamento da esteatose hepática pelos alimentos

17

26

Efeitos do exercício nas respostas moleculares e hormonais que induzem a lipólise



Fatores que influenciam a efetividade dos suplementos nutricionais

35

43

Receita: Bolinho assado de grão-de-bico e especiarias



Série Agroecologia: Parte IV - Água: Recurso finito vital à sobrevivência das populações e do planeta

45

# O papel do estresse ambiental no metabolismo secundário das plantas correlacionado aos sistemas convencionais e naturais de produção de alimentos



*The role of environmental stress in the secondary metabolism of plants correlated with conventional and natural systems of food production.*

## Resumo

Novos conhecimentos surgem e nos demonstram que os alimentos produzidos no sistema de agricultura convencional, além dos sérios problemas de saúde causados pelos resíduos de agroquímicos deixados nesses alimentos devido ao seu amplo uso nesse sistema, também apresentam uma tendência padrão nos resultados das análises comparativas dos valores e concentrações nutricionais, trazendo consigo menores concentrações de nutrientes, além de maiores concentrações de metais pesados, nitritos e nitratos em sua composição. Entender como esses nutrientes são formados e como os estresses ambientais interagem com a fisiologia da planta, atuando em seu metabolismo secundário, nos traz autonomia e consciência para que a escolha por alimentos produzidos em sistemas naturais seja considerada mais que uma opção e passe a ser tratada como uma questão prioritária de saúde, qualidade nutricional e ambiental.

Palavras-chave: Estresse ambiental, metabolismo secundário, segurança alimentar.

## Abstract

*New knowledge emerges and demonstrates that the food produced in the conventional farming system, further to the serious health problems caused by the residues of agrochemicals left in these foods due to their widespread use in this system, also show a trend pattern in the results of the comparative analysis of the values and nutritional concentrations, bringing with it lower concentrations of nutrients, as well as higher concentrations of heavy metals, nitrites and nitrates in their composition. Understanding how these nutrients are formed and how environmental stresses interact with the physiology of the plant, acting on its secondary metabolism, brings us autonomy and awareness so that the choice for food produced in natural systems can be considered more than an option and be treated as a priority issue of health, nutritional and environmental quality.*

Keywords: Environmental stress, secondary metabolism, food safety.



## Introdução

É fato conhecido que os alimentos que ingerimos são os responsáveis pela manutenção da nossa vida. Deles, nós adquirimos os nutrientes e a matéria-prima para o nosso corpo metabolizar moléculas diferentes que atenderão as necessidades da nossa maquinaria celular<sup>1</sup>.

Dessa forma, é correto afirmar que a qualidade de nossa saúde é diretamente afetada pela qualidade de nossa alimentação. Sendo assim, como saber se os alimentos a que temos acesso apresentam as concentrações ideais dos compostos bioativos de que necessitamos para o bom funcionamento do nosso corpo e manutenção da nossa boa condição de saúde?

Para podermos concluir sobre essa problemática, precisamos entender e discutir previamente alguns assuntos. É importante entender, inicialmente, a dinâmica dessa base trófica que mantém a produção da matéria orgânica que carrega consigo a “energia potencial” que denominamos alimento. Em seguida, qual é a origem desses compostos bioativos e de que forma eles são produzidos? Tais questionamentos permitirão a obtenção de conhecimentos importantes para uma dieta mais consistente e rica desses compostos, que servirão de matéria-prima para favorecer nosso metabolismo na manutenção de nossos sistemas.

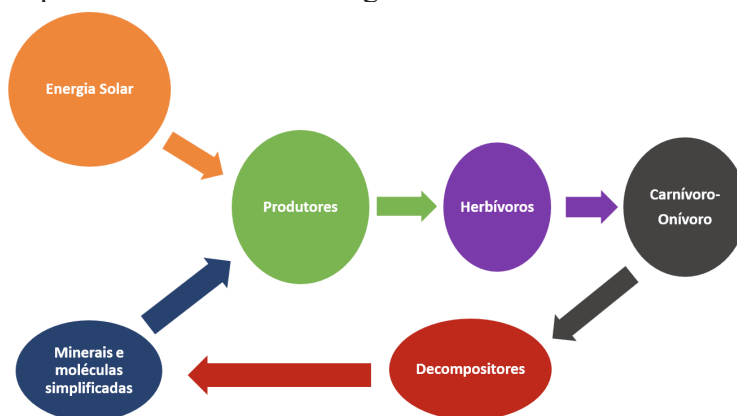
Para discutir essa questão de primeira importância, um levantamento de conhecimentos e análises científicas publicados em livros e artigos arbitrados foram reunidos e serão apresentados e relacionados nesta argumentação.

Excluindo os seres quimiossintéticos deste debate, por não terem relevância com a construção do raciocínio desenvolvido aqui, todos os seres autótrofos mencionados a partir deste ponto serão tratados como sendo organismos fotossintéticos, mais especificamente, plantas verdes.

Toda essa matéria-prima que constitui a base da cadeia alimentar é produzida por organismos autótrofos (a matéria-prima é formada por minerais reunidos e complexados por organismos através da fotossíntese, ocorrendo a transformação de uma forma de energia dispersa em uma forma de energia concentrada como, por exemplo, açúcares básicos, que apresentam potencial de metabolização e posterior assimilação pelos organismos heterótrofos) e transmitida por meio da cadeia alimentar através dos seus níveis, até alcançar a sua total decomposição, quando retorna àquela condição inicial de mineral, disponível para a construção de novas moléculas orgânicas, fechando o ciclo trófico<sup>2</sup>.

Com isso, podemos inferir que todas as moléculas iniciais que serão modificadas através dos níveis tróficos têm sua origem nas plantas fotossintéticas. Essas moléculas produzidas serão assimiladas e transformadas (metabolizadas) por seres com hábito herbívoro, que, por sua vez, serão assimilados no próximo nível por um carnívoro ou onívoro que poderá utilizar os metabólitos desse herbívoro como fonte de matéria-prima para a construção de suas próprias moléculas, transportando essa fonte de energia através de cada um dos níveis tróficos, suprimindo a cadeia alimentar da vida<sup>2</sup>.

Figura 1. Esquema simplificado do ciclo de energia.



O esquema demonstra a entrada de energia dispersa (energia solar) que é captada e somada aos minerais para ser transformada em energia concentrada (produtores), que apresenta potencial para ser utilizada através dos níveis tróficos (herbívoros e carnívoro-onívoro) até seu retorno através da degradação dessas moléculas orgânicas em moléculas mais simples (decompositores), retornando à condição mineral novamente.

Fonte: Adaptado de: Odum<sup>2</sup>.



A capacidade de produzir matéria orgânica nas plantas dá origem ao que classificamos como constituintes primários e secundários do metabolismo desses organismos<sup>3</sup>.

Esses produtos do metabolismo secundário, sejam eles terpenoides, alcaloides ou compostos fenólicos, têm um papel fundamental na planta, seja com função de hormônio regulador do crescimento ou mesmo como uma resposta de proteção a alguma pressão ambiental, como o congelamento, por exemplo. A produção desses compostos secundários pode ser dependente ou não de certos estímulos ambientais ou genéticos e, independente de seu papel, esses processos de metabolização secundária são desenvolvidos por todas as classes de plantas<sup>3,4</sup>.

Os terpenos têm propriedades lipofílicas, assim como os esteróis e as prenilquinonas, que também fazem parte da classe dos prenillipídios, biossintetizados a partir de AcetilCoA e derivados. Eles ocorrem com grande frequência em tricomas de folhas e na resina das cascas, estando presentes também nos óleos essenciais das plantas e em membranas celulares. Desenvolvem papéis essenciais na fisiologia da planta, seja como defesa, comunicação celular ou mesmo na atração de polinizadores<sup>3,4</sup>.

Os terpenoides são variações dos terpenos em que o grupo metil é retirado ou reorganizado. Esses compostos podem ser oxidados, ou moléculas de oxigênio são adicionadas a essas cadeias. São classificados quanto às suas cadeias em cada 5 carbonos (unidades isoprênicas), de monoterpenoides com  $C_{10}$  até tetraterpenoides (carotenoides) com  $C_{40}$ <sup>3-6</sup>.

Fragmentos de terpenos ainda estão presentes na formação estrutural de alcaloides indólicos, várias quinonas, fenóis e álcoois onde podemos observar unidades isoprênicas ligadas a outras moléculas orgânicas<sup>3-6</sup>.

Alcaloides constituem uma das classes de compostos nitrogenados mais estudadas e conhecidas do metabolismo secundário das plantas; possuem anel heterocíclico com um átomo de nitrogênio. Têm sua maior frequência em gimnospermas e pteridófitas – já nas angiospermas, aparecem apenas em cerca de 20% das espécies, como na planta do café, beladona, papoula,

estricnina e outras<sup>3-6</sup>.

Os compostos fenólicos apresentam anéis aromáticos em sua estrutura, relacionados a grupos hidroxil ou unidos a grupos metil ou glicosil substituintes. Eles têm em comum a sua origem, por meio da biossíntese que ocorre a partir da fenilalanina. Dependendo da via metabólica, formam outros compostos que são agrupados em subclasses, como os flavonoides, isoflavonoides, taninos, galatotaninos hidrolisáveis, furanocumarinas, antocianinas, entre outros fenóis<sup>3-6</sup>.

Todos esses grupos de compostos gerados através dos processos de metabolismo secundário podem apresentar diversas funções e também podem variar de função de acordo com sua concentração. A metabolização desses compostos secundários pode expressar apenas em alguma fase da vida da planta ou estação e pode, ainda, acontecer em resposta às pressões ambientais ou mesmo estar presente apenas em órgãos específicos. Um caso que podemos utilizar é o da planta *Neem*<sup>3</sup>, que produz um triterpenoide conhecido como azadirachtin que, apesar de ser utilizado como parte integrante na composição de certos pesticidas, a própria árvore tem suas folhas predadas por insetos herbívoros, pois é na semente da planta que podemos encontrar altas concentrações dessa toxina<sup>3-6</sup>.

Um dos fatores mais estudados na fisiologia vegetal está relacionado ao estresse vegetal, pois apresenta condições de mensurar o impacto causado por variações ambientais através das mudanças, adaptações e respostas fisiológicas das plantas para manter o seu equilíbrio interno. Algumas das principais respostas estudadas na fisiologia comparada estão relacionadas com os potenciais hídrico, térmico e de incidência luminosa nas plantas. Esses experimentos possibilitam quantificar as condições ambientais ótimas e subótimas para essas espécies<sup>3-6</sup>.

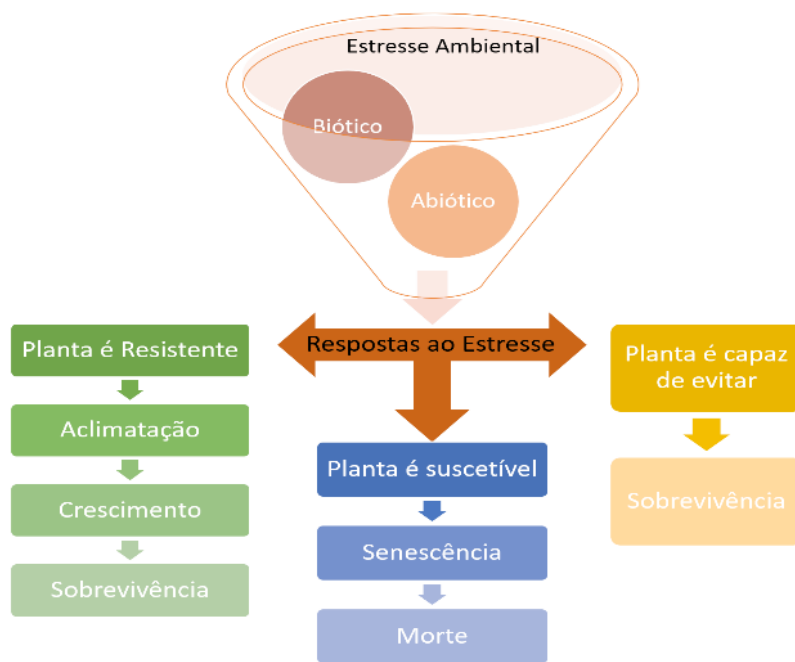
As plantas variam muito em relação a sua condição de estresse. Por exemplo, as plantas conhecidas como suculentas (*Crassulaceae*), que estão adaptadas às regiões com menor disponibilidade de recursos hídricos, alteram sua fotossíntese CAM (metabolismo ácido das crassuláceas, com menor taxa de evapotranspiração

por manterem maior número de estômatos fechados durante o dia, fixando o CO<sub>2</sub> em ácido málico principalmente à noite) nas épocas secas, para a fotossíntese C-3 (como na maioria das plantas, onde o CO<sub>2</sub> é encaminhado para assimilação diretamente no ciclo de Calvin) nas épocas onde o recurso hídrico é mais abundante, atuando como sinal de controle do crescimento da planta por afetar o crescimento celular (resposta

bem sensível ao estresse hídrico)<sup>6-8</sup>.

De acordo com o estímulo recebido do ambiente, seja ele de origem biótica ou abiótica, a planta irá produzir uma resposta ao estresse que poderá garantir sua sobrevivência ou irá definir seu fencimento (morte) de acordo com a sua resiliência, suscetibilidade ou capacidade de evitar o estresse sofrido.

**Figura 2.** Esquema simplificado das possíveis respostas das plantas ao estresse quando sofrem algum tipo de pressão ambiental, seja de origem abiótica (fatores edafoclimáticos, como salinidade, pH etc.) ou biótica (organismos fitopatogênicos etc.).



Fonte: Adaptado de: Hopkins<sup>4</sup>.

Algumas respostas a determinados estímulos ocorrem em todas as plantas, como a saturação luminosa (foto-inibição). Este termo é utilizado para descrever a inibição da fotossíntese que ocorre em todas as plantas quando expostas ao excesso de radiação luminosa, estímulo que compromete a regeneração da RuBisCO ou RuBP (ribulose-1-5-bifosfato-carboxilase-oxigenase) no ciclo de Calvin (através do consumo de ATP e NADPH, que resulta na produção de moléculas orgânicas) por estarem ligados ao substrato e, assim, inviabiliza a assimilação do CO<sub>2</sub> pelo RuBisCO. Esta característica permite medir e delinear a capacidade fotossintética da planta, pela aferição da assimilação de CO<sub>2</sub> e liberação de

O<sub>2</sub>. Esses parâmetros sobre os fatores ambientais limitantes nos permitem entender os diferentes hábitos e as adaptações das plantas nos ambientes que ocupam<sup>5,6</sup>.

O estresse hídrico em sistemas de cultivo natural é mais comum, e certos princípios de sistemas de manejo agroecológicos do solo e água fazem o uso reduzido de irrigação, aplicando outras técnicas para manutenção da umidade no solo. Este estresse regular demonstra ser um importante mecanismo natural de controle de crescimento e resistência ambiental na manutenção da produtividade da planta, estimulando os processos metabólicos secundários, promovendo uma adaptação gradual às condições ambientais e deixando a planta mais

forte e resistente, garantindo a continuidade dos seus processos vitais. Por outro lado, as plantas cultivadas em sistemas convencionais tendem a ter menor resistência quando impostas a uma situação onde o suporte de água é interrompido e são mais suscetíveis à pressão ambiental, afinal, em sistemas agrícolas convencionais, todo esforço é feito para inibir tais pressões, reduzindo a capacidade da planta em ampliar os processos de produção desses metabólitos secundários que conferem resistência e outros benefícios para a planta em si e para quem se alimenta dela<sup>4-6</sup>.

Todos esses conhecimentos adquiridos por experimentação proporcionaram condições para manipularmos certos mecanismos fisiológicos das plantas, nos capacitando para aclimatar certas espécies em ambientes não tão propícios, diminuindo as respostas dessas plantas à pressão ambiental, seja com a construção de estufas (estresse térmico), implantação de irrigações (estresse hídrico) e disponibilização de suplementos minerais (estresse nutricional), ou mesmo alterações genéticas que silenciam ou ativam a transcrição de proteínas e enzimas<sup>6,7</sup>. Esses conceitos geralmente são aplicados na criação de técnicas para a agricultura convencional e em planos de manejo das formas de agricultura natural, com o objetivo de otimizar os resultados em suas respectivas produções.

## Conclusão

O resultado de tais intervenções é claramente visualizado quando analisamos os trabalhos de

pesquisa que comparam a concentração desses componentes do metabolismo secundário em plantas da mesma espécie quando cultivadas em sistemas naturais e convencionais<sup>7-12</sup>.

Os dados apontam para uma maior concentração de compostos do metabolismo secundário (ácidos fenólicos, flavanonas, estilbenos, flavonas, flavonóis, antocianinas, vitamina C, teor de matéria seca, concentração de hidratos de carbono etc.) em alimentos produzidos em sistemas de produção naturais e demonstram menores níveis de contaminação por metais pesados como o cádmio, além de nitratos e nitritos.<sup>9-12</sup>

Com a mesma frequência, os estudos apontam o déficit desses compostos em alimentos provenientes de modelos de produção convencional em comparação com os produzidos em modelos naturais. Também revelam maiores níveis de contaminação por metais pesados, nitratos e nitritos, sem mencionar a questão dos resíduos tóxicos provenientes da aplicação de agroquímicos, amplamente utilizados nesses meios de produção<sup>9-12</sup>.

Essa tendência nos dados demonstra um padrão que nos permite afirmar que a sanidade ambiental alcançada pela biodiversidade e o equilíbrio ecológico proporcionado por sistemas de cultivos naturais interferem na saúde do solo, que, por sua vez, determinará a boa saúde daquelas plantas, refletindo positivamente na qualidade nutricional desses alimentos e na saúde dos organismos que os consomem.

## Referências

1. PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**: Manual do produtor rural. São Paulo: Nobel, 1992. 144 p.
2. ODUM, E. P.; BARRET, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 612 p.
3. BROWN, W. **Chemicals from plants**: Perspectives on plant secondary products. London: Imperial College Press, 1999. 425 p.
4. HOPKINS, W.; HÜNER, N.P.A. **Introduction to plant physiology**. 4ª ed. London: John Wiley & Sons, Inc., 2008. 752 p.
5. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
6. SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. 4ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 774 p.
7. CARVALHO, L.M. **Orientações Técnicas para o Cultivo de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares**. Circular técnica 70. Embrapa, Aracaju-SE. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1028982/orientacoes-tecnicas-para-o-cultivo-de-plantas-medicinais-aromaticas-e-condimentares>>. Acesso em: 20/03/2018.
8. MORAIS, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Hort Bras**; 27 (2): S3299-S3302, 2009. CD-ROM. Suplemento. Trabalho apresentado no 49º Congresso Brasileiro de Olericultura, Águas de Lindóia, SP. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/577686>>. Acesso em: 20/03/2018.
9. FERNANDES, J.; GONÇALVES, G.; DUARTE, A. Sustentabilidade ambiental e humana da produção de alimentos: uma análise comparativa entre agricultura biológica e convencional. **Actas Portuguesas de Horticultura**; 25: 2016. Disponível em: <<https://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/8637/1/Fernandes%20et%20al%202016.pdf>>. Acesso em: 16/03/2018.
10. ASSENHEIMER, A.; CAMPOS, A.T.; JUNIOR, A.C.G. **Análise energética de sistemas de produção de soja convencional e orgânica**. *Ambiência*, PR, ISSN 1808-0251 (Print) - *Ambiência* ISSN 2175-9405 (Online). Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/506/668>>. Acesso em: 16/03/2018.
11. FERREIRA, S.M.R. *et al.* Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciênc Tecnol Aliment**; 30 (4): 858-864, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v30n4/v30n4a04>>. Acesso em: 16/03/2018.
12. BORGUINI, R.G. *et al.* Alimentos Orgânicos: Qualidade Nutritiva e Segurança do Alimento. **Segur Aliment Nutr**; e-ISSN 2316-297X, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/1833/1886>>. Acesso em: 16/03/2018.