

Capítulo 2

Contribuição da Nutrição Adequada para Qualidade dos Alimentos

Antonio Eneidi Boaretto¹
Milton Ferreira Moraes²

2.1 Introdução

Para esta reflexão, entende-se por **nutrição** o conjunto de processos pelo qual o organismo adquire no ambiente e transforma e utiliza várias substâncias sólidas e líquidas para a produção de energia e manutenção das suas funções.

Há cerca de 3,56 bilhões de anos a vida vegetal começava a desenvolver-se sobre a terra. Os vegetais são seres autotróficos e necessitam de nutrientes inorgânicos e de energia solar para realizar a fotossíntese e completar o seu ciclo vital.

Há aproximadamente 200 mil anos, o ser humano começou a existir e, para sua nutrição, necessita adquirir, no ambiente, substâncias orgânicas

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Colaborador Sênior, Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Av. Centenário, 303, CP 96, CEP 13400-970, Piracicaba-SP, aeboaret@cena.usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pós-doutorando, Laboratório de Genética Bioquímica de Plantas, Departamento de Genética, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13400-970, Piracicaba-SP, moraesmf@yahoo.com.br

e inorgânicas, que estão nos vegetais ou nos vegetais transformados pelos animais ou pela indústria. Os seres humanos distinguem-se dos demais não por ser apenas um animal racional, como sugeria Aristóteles, mas por ser um animal reflexivo, uma vez que o ser humano não é somente “um ser que sabe”, mas “um ser que sabe que sabe” (CHARDIN, 1955). O *Homo sapiens* vê o que existe ao seu redor e pergunta-se: para que serve isto ou aquilo? Mais especificamente, pergunta: para que servem as plantas? Há muitas maneiras de responder a esta questão, mas para o que se deseja apresentar, esta pergunta poderia assim ser respondida: As plantas alimentam, vestem, abastecem de energia, recuperam e embelezam a terra!

Diante da resposta, a qualidade de um produto agrícola pode ser avaliada de acordo com a finalidade que o mesmo tem para os seres humanos. Percebe-se então que a definição de qualidade dos produtos agrícolas é muito complexa, tendo em vista as inúmeras finalidades para as quais os vegetais são usados pelos humanos.

A qualidade do produto agrícola é definida aqui como “**o conjunto de características relacionadas ao valor nutritivo, comercial, industrial ou estético**”. A maneira de avaliar a qualidade é variável. Por exemplo, uma flor tem qualidade quando tem características visuais agradáveis, enquanto o trigo pode ter suas características avaliadas por análises físicas e químicas que expressam o poder de panificação de sua farinha. Outras formas comuns de se avaliar a qualidade de um produto agrícola para fim alimentar são as análises sensoriais (sabor e aroma) e de composição proteica/mineral.

As relações entre nutrição mineral e a qualidade dos produtos agrícolas serão demonstradas através de alguns exemplos extraídos da literatura. Uma revisão extensa sobre o assunto pode ser encontrada em Sá e Buzetti (1994), Welch e Gabelman (1984), Dibb et al. (2005), Moraes (2008) e Bañuelos e Lin (2008). As funções de cada um dos nutrientes na vida vegetal podem ser vistas em Epstein e Bloom (2004) e Malavolta (2006).

2.2 As plantas alimentam a humanidade

Para os seres humanos, conseguir alimentos em quantidade e qualidade é uma necessidade primária. O que é a vida? A pergunta é antiquíssima, e

as respostas são as mais variadas. Os biólogos atuais “renunciam a dar uma definição filosófica da vida, e por causa das numerosas transições do não vivo para a vida, eles desistem também de uma definição físico-química. Restringem-se a descrever as exigências mínimas e as propriedades estruturais e dinâmicas indispensáveis” (KUNG, 2007). Por exemplo, o físico Fritjof Capra examinou a vida com um olhar puramente biológico (CAPRA, 2002), e dentro deste campo restrito formula a pergunta da seguinte maneira: “Quais são as características que definem os sistemas vivos?”. Hoje, pode-se considerar que existe consenso de que todos os seres vivos apresentam três características dinâmicas mais importantes (KUNG, 2007): reprodução, mutação e metabolismo, que é o controle dos processos de intercâmbio, onde a energia e o material do ambiente são recebidos e transformados. Esta última característica da vida humana nada mais é o que se denomina de alimentação. O ato de alimentar-se torna-se comensalidade quando as pessoas juntas, ao comer e ao beber, não somente nutrem o corpo, mas os espíritos dos comensais são também alimentados. Comer e beber são ritos carregados de significações, revelando a nossa humanidade e o grau de civilização que conseguimos alcançar (BOFF, 2006).

Esta introdução tem a intenção de despertar a reflexão “dos seres que sabem que sabem” sobre a importância que têm os alimentos, tanto em quantidade como em qualidade, para que se desenvolva, no planeta Terra, uma cultura de paz, harmonia e equilíbrio. Talvez seja a expressão de um sonho (uma utopia) do que é fundamental para que o *Homo sapiens* não seja uma espécie extinta daqui a não muitos anos. A condição *sine qua non*, numa forma positiva, poderia ser dita “que haja em todas as mesas alimentos em quantidade e qualidade para todos” ou numa forma negativa “não haja sobre a face da Terra um ser humano que não tenha o alimento necessário para o seu dia”.

Para alguns, a história do ser humano poderia ser contada como a busca incessante do alimento (FLANDRIN; MONTANARI, 1998, 2001). Na história da humanidade, há cerca de dez mil anos antes da era cristã, na região sul de Israel, onde hoje está localizada a cidade de Jericó, apareceram os primórdios da agricultura. A partir daí, em todas as regiões do planeta, o ser humano vai deixando de ser apenas um caçador-coletor e começa a cultivar e a criar os seus alimentos. Os historiadores são unânimes em afirmar

que este foi um grande passo para a civilização humana. Quantos habitantes havia nos primórdios dessa atividade - tão importante para todos, mas tão esquecida por muitos - é uma pergunta difícil de ser respondida. Estima-se que a população do mundo, no período de transição de humanos nômades para sedentários, com a adoção da agricultura, era provavelmente de uns 6 milhões de habitantes. O alimento produzido tornou possível o aumento da população que se expandiu e ocupou todo o nosso planeta “azul”. A população atingiu o seu primeiro bilhão de habitantes no início do século 19 (1804), o segundo aproximadamente 120 anos depois (1927) e em pouco mais de 30 anos (1960) chegou ao terceiro bilhão (WIKIPEDIA, 2010). A ascendente continua e já são quase 7 bilhões de habitantes convivendo em nosso planeta (a duras penas em algumas regiões!). Estima-se que a população continuará crescendo até 2050, quando atingirá um platô de aproximadamente 9 bilhões de pessoas (GODFRAY et al., 2010). Ressalta-se que foram a agricultura e a técnica agrônômica que possibilitaram produção de alimento em abundância e permitiram aumento populacional. Os outros avanços ocorridos no mundo contemporâneo, como no saneamento básico e na medicina, vieram ajudar para que a explosão populacional fosse um fato atual, mas o motivo principal é a suficiência de alimentos.

Com respeito aos alimentos, há quantidade suficiente para todos, mas nunca deixou de existir pessoas que passam fome sobre a Terra. Neste aspecto, a realidade atual do mundo poderia ser comparada ao suplício de Tântalo. Esta personagem da mitologia grega, após cometer crimes contra os deuses, foi sentenciada por eles a não poder saciar a sua fome e sede, apesar de viver num vale com vegetação exuberante e água em abundância.

As estatísticas dos órgãos mundiais que tratam da segurança alimentar indicam haver alimento disponível para todos. Este é o grande milagre (no sentido original da palavra latina *miraculum*, do verbo *mirare*, “maravilhar-se”) que acontece todos os dias diante dos olhos da humanidade, mas nem todos conseguem “maravilhar-se” com este fato. Este é um “milagre” que tem como causa a aplicação das técnicas agrônômicas, pois nos últimos 50 anos conseguiu-se triplicar a produção de alimentos com um aumento de apenas ~9% da área cultivada (GODFRAY et al., 2010). Como a população quase triplicou neste mesmo período, cada ser humano é alimentado hoje pelos alimentos produzidos em metade da área que era

necessária há meio século. Há tanto alimento disponível que a obesidade está tornando-se um dos dez problemas atuais de saúde pública, reconhecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que a classifica de epidemia. No mundo todo, há 300 milhões de pessoas obesas, sendo que, nos Estados Unidos, uma em cada três pessoas tem problemas de obesidade (WD, 2009). No Brasil, de acordo com estudos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), as pesquisas indicam que há cerca de 17 milhões de obesos, o que representa mais de 9% da população.

Por outro lado, nunca houve tantos famintos no mundo como hoje em dia (CARNEIRO, 2003). Em meio à abundância, existe a escassez de alimento para parte da população. A fome contemporânea não decorre estritamente da falta de alimentos disponíveis, mas da incapacidade das pessoas de obter comida, ou seja, a falta de recursos para comprar os alimentos. A fome contemporânea não é devido à falta de pão, mas de insuficiência do “ganha-pão” (CARNEIRO, 2003). A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estima que mais de 900 milhões de pessoas no mundo (14% da população) não recebem a dieta adequada para suprir as necessidades diárias, ou seja, um em cada 7 a 8 seres humanos vai dormir com fome (FAO, 2008). Apesar das políticas de distribuição de renda ter conseguido reduzir a fome nos últimos anos, o sucesso desses esforços depende da vitalidade das condições econômicas mundiais, uma vez que, com a crise econômica atual, percebeu-se que houve novo aumento do número de pessoas famintas no mundo.

Os manuais de nutrição humana ensinam que a dieta saudável tem cinco características importantes (SIZER; WHITNEY, 2003). A adequação (os alimentos devem fornecer o suficiente de cada nutriente essencial, proteína, fibra e energia), o equilíbrio (a escolha não deve dar ênfase excessiva a um nutriente ou tipo de alimento à custa de outro), o controle calórico (os alimentos escolhidos devem fornecer a quantidade de energia necessária para uma determinada fase da vida para que o peso apropriado seja mantido), a moderação (equilíbrio entre os alimentos gordurosos, o sal, o açúcar e outros constituintes indesejados) e a variedade (uma ampla seleção baseando-se nos nutrientes necessários).

O ser humano come “planta” ou “planta transformada (produtos de origem animal)”. Os vegetais necessitam dos seguintes elementos em

quantidade adequada: carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cloro, cobre, molibdênio, manganês, níquel e zinco (alguns autores incluem selênio, silício e sódio na lista dos elementos essenciais). O cobalto é reconhecidamente essencial para organismos fixadores do N₂ atmosférico; sendo assim, leguminosas como soja e feijão que obtêm grande parte do N necessário pela fixação, dependem indiretamente da presença de Co disponível no solo. Na falta de qualquer um destes nutrientes, a planta não consegue completar o seu ciclo vital. Entretanto, a falta completa de um dos nutrientes não é comum ocorrer na natureza, sendo mais frequente que a quantidade necessária não é suficiente para que a planta manifeste todo o seu potencial genético. A consequência é um produto de qualidade inferior.

A necessidade de energia pelo ser humano é variável segundo a idade e o estilo de vida; uma pessoa adulta necessita, em média, de 2.500 calorias por dia. Esta energia é fornecida pelos carboidratos, gorduras e proteínas. Para satisfazer essa exigência energética, recomenda-se que sejam consumidos 30 gramas de carboidratos por dia, além de gordura e proteína.

Do ponto de vista químico, os carboidratos são formados por carbono, hidrogênio e oxigênio, enquanto do ponto de vista dietético, os carboidratos não são todos iguais, podendo ser classificados em carboidratos complexos (amido e fibra) e carboidratos simples (açúcares).

Na refeição do brasileiro, destacam-se o consumo do arroz, trigo, milho, feijão, mandioca e batata, que são os principais fornecedores de carboidratos e proteínas.

A qualidade do grão de **arroz** de uma cultivar, segundo Castro et al. (1999), é determinada pela perfeita interação entre os vários componentes da cadeia produtiva da cultura, dentre os quais se destacam o pesquisador, o produtor, o industrial e o consumidor.

Na avaliação da qualidade do **arroz**, são consideradas as seguintes características (BARBOSA FILHO; FONSECA, 1994): qualidade industrial e culinária, que em geral define o seu valor comercial; e qualidade nutricional, tais como o teor de proteínas, carboidratos, vitaminas e sais minerais.

A composição do grão de arroz está relacionada com a preparação do mesmo na indústria (Tabela 1). A forma do arroz mais consumido no Brasil é o grão branco polido, sendo o consumo *per capita* médio de 108 g por dia.

Constata-se que o arroz é uma excelente fonte de carboidratos e de proteína, e também contém gordura, fibra, sais minerais e aminoácidos essenciais.

Tabela 1 - Composição de 100 g de arroz integral e polido (WALTER et al., 2008).

Componente	Integral		Polido
	Cru	Cru	Cozido
Água (%)	12,0	12,0	72,6
Proteína (%)	7,5	6,7	2,0
Gordura (%)	1,9	0,4	0,1
Carboidrato (g)	77,4	80,4	24,2
Fibra (g)	0,9	0,3	0,1
Cinza (g)	1,2	0,5	1,1
Cálcio (mg)	32,0	24,0	10,0
Fósforo (mg)	221,0	94,0	28,0
Potássio (mg)	214,0	92,0	28,0
Niacina (mg)	4,7	1,6	0,4
Tiamina (mg)	0,34	0,07	0,02
Riboflavina (mg)	0,05	0,03	0,01

Embora haja maior aceitação pelo arroz polido, que após o cozimento se apresenta mais solto e também é capaz de absorver mais o sal/codimentos, este se torna mais pobre em vitaminas e minerais devido às perdas no processo de polimento, que podem chegar a mais de 90%, dependendo do elemento ou vitamina (WELCH, 2001).

Embora o tamanho dos grãos do arroz seja uma característica da cultivar, o potássio é um nutriente que pode ter influência neste parâmetro de qualidade, como mostraram os resultados obtidos por Zaratin et al. (2004). Quatro doses de potássio foram aplicadas em solo com baixa concentração deste nutriente e verificou-se que houve aumento na massa de 1.000 grãos, conforme indica a equação:

Gramas (1.000 grãos com casca) = $27,3656 + 0,0337X$,

Onde, X igual kg ha^{-1} de K_2O (0, 20, 30 e 40)

Barbosa Filho e Fonseca (1994) relatam resultados da literatura em que o nitrogênio teve efeito na porcentagem de grãos de arroz inteiros no beneficiamento, ou seja, melhorou a qualidade industrial dos grãos.

O amido é o principal carboidrato de reserva dos vegetais e é constituído por dois polissacarídeos: amilose e amilopectina. A proporção entre estes dois compostos difere entre as subespécies de arroz; sabe-se que o grupo Indica apresenta maior teor de amilose que o grupo Japonica (FERREIRA et al., 2005). O conteúdo de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz. De forma geral, grãos com maior teor de amilose apresentam textura mais firme após o cozimento, sendo preferidos em diversos países, como o Brasil, e por isso essa característica é avaliada durante o desenvolvimento de cultivares. Entretanto, outros fatores, como a estrutura das cadeias de amilopectina e o teor de proteína também influenciam nessa característica (WALTER et al., 2008). Na literatura brasileira consultada, não foi encontrada nenhuma referência quanto ao efeito da adubação no teor de amilose.

No **arroz**, o teor de proteína é considerado baixo. A composição do grão de arroz pode ser modificada pela adubação, embora seja uma pequena alteração (Tabela 2). Segundo Hao et al. (2007), a adubação com nitrogênio aumentou o teor de proteína dos grãos e, como consequência, diminuiu o teor de amido.

O valor nutritivo da proteína depende de sua composição em aminoácidos essenciais. O arroz possui uma das proteínas de mais alta qualidade, devido ao teor de lisina e triptofano. Em geral, quando há aumento do teor de proteína, há diminuição do conteúdo de lisina, ou seja, o teor de proteína não reflete, necessariamente, um melhor balanço dos aminoácidos essenciais (BARBOSA FILHO; FONSECA, 1994).

Tabela 2 - Influência da adubação nitrogenada no teor de amilose e de proteína do arroz integral (HAO et al., 2007).

Dose de N	Amilose	Proteína
	%	
Testemunha	23,9	7,7
Baixa	22,4	7,9
Recomendada	21,5	8,4
Alta	20,7	9,2

A **mandioca**, também conhecida por aipim ou macaxeira, é um dos principais alimentos energéticos em países tropicais. Ela é consumida cozida, frita, na forma de farinha, tapioca ou é empregada na indústria para obtenção de fécula.

A qualidade culinária das raízes de mandioca tem sido pouco estudada. As variáveis consideradas mais importantes são textura, plasticidade e pegajosidade da massa cozida, porque a maioria das receitas culinárias preparadas com mandioca depende da interação entres estas características. Todavia, essas características estão mais associadas à duração do tempo de cozimento (DTC), isto é, quanto menor a DTC, melhor a massa gerada (LORENZI, 1994). Até o momento, são desconhecidos os detalhes das alterações na composição das raízes que implicam as variações das qualidades culinárias. No entanto, sabe-se que as condições ambientais, o estágio fisiológico das plantas e o genótipo são seus principais determinantes. Os dados obtidos por Lorenzi (1994) sugerem que a qualidade da mandioca é influenciada pelo estado nutricional da cultura, pois o DTC é dependente do tipo de solo, sendo que o solo de maior fertilidade apresentou menor DTC. Resultados obtidos recentemente comprovam a relação, pois para 15 genótipos de mandioca de mesa, o tempo de cozimento foi maior quanto maiores eram os teores de Ca e Mg, ocorrendo o contrário quando havia maiores teores de P, Mn, Zn e Cu (CARVALHO et al., 2007).

O **trigo** é o cereal mais consumido no mundo, e quando destinado à nutrição humana, é processado como farinha, que é empregada na fabricação de pão ou massas, principalmente. A revisão apresentada por Didonet (1994) ilustra a importância da nutrição da cultura para a obtenção de uma farinha de qualidade. Para exemplificar, destaca-se o trabalho de Cazetta et al. (2008),

que mostra a influência da nutrição nitrogenada na produtividade de grão e na qualidade da farinha. A qualidade da farinha pode ser avaliada pelo teor de proteína do grãos (quanto maior, melhor a qualidade nutricional) e pelo teste de alveografia, que fornece informações sobre as características da massa, como extensibilidade, plasticidade e força do glúten (Tabela 3). Os autores concluem que a adubação nitrogenada em cobertura incrementou a força geral do glúten (W), bem como o teor de proteína da farinha e reduziu a relação P/L, influenciando positivamente na qualidade da farinha para panificação.

Tabela 3 - Qualidade da farinha de trigo em função da adubação nitrogenada (Médias de cinco cultivares de trigo e uma cultivar de triticale e de duas safras) (CAZETTA et al., 2008).

N	Proteína	Relação P/L*	W (x10 ⁻⁴ J)**
kg ha ⁻¹	%		
0	12,36	2,07	207
30	13,29	2,18	216
60	14,35	1,92	261
90	15,18	1,70	273
120	16,07	1,64	291

* P: tenacidade, L: extensibilidade ** : Força total do glúten.

O milho também é um cereal muito utilizado na alimentação humana, principalmente após sua industrialização; entretanto, a maior parte do milho produzido mundialmente é usado para alimentação animal, juntamente como o **sorgo**. A revisão feita por Vasconcelos (1994) evidencia o efeito dos nutrientes fornecidos na qualidade do milho, isto é, nos teores de proteína, amido e óleo. Uma pesquisa bastante interessante mostrou que a adubação nitrogenada aumenta a produtividade, o tamanho dos grãos e melhora a qualidade dos grãos em termos de teores de proteína e de vários nutrientes, em especial de Zn e Fe (FERREIRA et al., 2001). Por outro lado, Galvão (1994) não observou aumento significativo dos teores de Zn nos grãos de milho em função da aplicação de Zn em solo de Cerrado deficiente deste

micronutriente. Dependendo da espécie vegetal, parece haver forte regulação genética quanto à concentração de Zn nos grãos.

A **batata** é uma hortaliça muito consumida pela humanidade, e tanto a produção quanto sua qualidade estão relacionadas com a nutrição mineral. Uma revisão muito ilustrativa, feita por Campora (1994), relata os efeitos da nutrição de plantas na qualidade dos tubérculos e raízes. O exemplo apresentado na Tabela 4 foi tirado de Bregagnoli (2006), o qual demonstra que a água compõe, em média, 77% da massa total dos tubérculos e que 70% da matéria seca é amido, além de quantidades bem menores de proteínas, lipídeos e fibras.

Tabela 4 - Efeito da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio sobre algumas variáveis agronômicas e qualitativas de tubérculos de batata (BREGAGNOLI, 2006)

Característica dos tubérculos	N	P	K
Tamanho	+	0	+
Massa	+	+	+
Suscetibilidade a danos mecânicos	+	-	-
Teor de massa seca	-	+	-
Teor de amido	-	+	-
Gravidade específica	-	+	-
Teor de proteínas	+	-	+/-
Açúcares redutores	+ 0	+	-
Lipídeos	?	?	+
Fibras	?	?	+
Teores de vitamina C	- 0	+	+
Alcaloides	-	?	+
Escurecimento após fritura	0 +	0 -	0 -
Perdas no armazenamento	+	-	-

(+) Aumenta, (-) Decresce, (0) Sem efeito e (?) não determinado.

O **feijão** é um dos alimentos básicos do brasileiro, sendo considerado como a principal fonte de proteínas sob o aspecto quantitativo, e também é destaque em termos de fornecimento de energia. Para que se tenha uma lavoura em condições para alta produtividade, em primeiro lugar, há

necessidade de se terem sementes de qualidade. Na literatura, podem-se encontrar relatos de muitas pesquisas sobre qualidade de sementes. Para aprofundamento neste assunto, uma interessante revisão na literatura internacional sobre os efeitos de deficiências nutricionais e a qualidade de sementes foi feita por Welch (1986). No Brasil, a ampla revisão bibliográfica de Sá (1994) discutiu o tema de qualidade de sementes e a sua relação com a nutrição mineral das culturas. Uma das conclusões importantes foi que “para produção de sementes, devem-se utilizar sempre adubações equilibradas, pois, em condições de deficiência de nutrientes nos solos, as sementes têm sido prejudicadas em quantidade e qualidade”. Os resultados de Kikuti et al. (2006) comprovam que, embora de maneira diferenciada, para os vinte e cinco genótipos de feijoeiro testados, a nutrição adequada proporcionou sementes de melhor qualidade, aumentando a porcentagem de germinação e o vigor. Uma das conclusões tiradas é que as sementes devem ser produzidas em solos que assegurem o suprimento adequado dos nutrientes para que haja reserva destes nas sementes obtidas e o vigor seja ótimo.

A influência da nutrição sobre a qualidade do feijoeiro foi estudada por Arf (1994), constatando-se que é de grande importância a utilização de práticas agrícolas mais adequadas, como correção do solo e adubação, para obtenção de feijões em quantidade e com qualidade.

O óleo vegetal consumido pela humanidade é proveniente de sementes de soja, milho, girassol, canola, arroz, gergelim, algodão e de alguns produtos de palmeiras (palma, coco), de oliveira, etc. A importância da nutrição mineral para obtenção de óleos em quantidade e qualidade é relatada em diversas revisões de literatura (NAKAGAWA et al., 1994; SFREDO; CARRÃO, 1994, etc.). Por exemplo, para o girassol, que contém em média 47% de lipídeos, 24% de proteínas e 20% de carboidratos, o fornecimento de nitrogênio aumenta o conteúdo de proteína e diminui o teor de óleo (CALAROTA; CARVALHO, 1984).

Além dos carboidratos, proteínas e lipídeos, são necessários na dieta humana as fibras, as vitaminas e os minerais. Entre os minerais e as vitaminas mais frequentemente deficientes na população mundial, estão o ferro, o iodo, o selênio, o zinco e a vitamina A (MORAES et al., 2009). Os autores afirmam que um aumento na ingestão de frutas e vegetais na alimentação humana deve ser incentivado, pois estes alimentos são ricos em vitaminas

e minerais quando comparados aos grãos de cereais.

As revisões de literatura sobre os efeitos da nutrição de plantas sobre a qualidade das frutas foram feitas por Correa (1994), Corrêa e Fernandes (1994), Mourão Filho (1994), Pereira et al. (1994), e das hortaliças por Castelane (1994) e Sasaki e Seno (1994). Para exemplificar, Spironello et al. (2004) relataram a influência do nitrogênio, fósforo e potássio na qualidade do abacaxi (Tabela 5). Pode-se observar que o potássio tem efeito no teor de vitamina C, de sólidos solúveis e de acidez da polpa.

Tabela 5 - Influência da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na qualidade da polpa de frutos de abacaxi (SPIRONELLO et al., 2004).

Nutriente	Fruto fresco		TSS ¹	TTA ²	Vitamina C
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg por fruto	% Brix	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
Nitrogênio					
0	39	1,7	14,8	9,3	151
175	60	2,3	14,3	8,0	148
350	64	2,4	13,6	7,4	141
700	65	2,5	13,5	7,6	141
Tendência ³	Q	Q	Q	Q	ns
Fósforo (P ₂ O ₅)					
0	56	2,2	14,0	8,3	143
80	59	2,3	14,0	7,8	163
160	58	2,2	14,1	8,1	145
320	56	2,2	14,2	8,0	153
Tendência	ns	ns	ns	ns	ns
Potássio (K ₂ O)					
0	54	2,1	13,7	6,1	110
175	58	2,3	14,0	8,2	145
350	60	2,3	14,4	8,9	151
700	56	2,3	14,1	8,8	166
Tendência	Q	Q	Q	Q	Q

¹Sólidos solúveis totais; ²Total de acidez titulável; ³ns: não significativo (P>0,05); Q: resposta quadrática (P < 0,01)

As frutas, as hortaliças e os grãos são fornecedores dos minerais necessários à dieta humana. O adequado suprimento de nutrientes a uma dada cultura pode alterar o teor de nutrientes nas partes comestíveis dos produtos agrícolas. Em vista das deficiências minerais na população mundial, além de outras medidas de segurança alimentar, programas de pesquisas têm sido desenvolvidos, também no Brasil, para a obtenção de cultivares com maiores teores de vitaminas e de micronutrientes nas partes comestíveis. Esses programas estão sendo chamados de biofortificação (MORAES et al., 2009).

A biofortificação surgiu em função da preocupação com os constantes aumentos dos índices de desnutrição no mundo e foi reforçada com a recente descoberta de que o melhoramento vegetal, voltado exclusivamente para ganhos em produtividade, pode provocar a redução da concentração de minerais e vitaminas na parte comestível das culturas (GARVIN et al., 2006; MURPHY et al., 2008; WHITE et al., 2009). A biofortificação pode ser realizada por meio do melhoramento vegetal convencional ou biotecnológico e/ou por práticas agronômicas, dentre as quais se destaca a adubação (BOUIS, 1999; CAKMAK, 2008). Esta última foi denominada de “biofortificação agronômica”. Adicionalmente, tem sido observado que plantas obtidas de sementes com altos teores de minerais apresentam maior germinação, vigor e melhor desenvolvimento inicial em condições de estresse (bióticos e abióticos).

Os vegetais não são ricos em vitamina A pré-formada (presente nos alimentos de origem animal), mas muitos vegetais e frutas contêm um precursor da vitamina A, o betacaroteno. Devido aos altos índices de deficiência de vitamina A no mundo, em países pobres e em algumas regiões asiáticas, onde o consumo de cereais é bastante alto e com pouca ingestão de produtos de origem animal, frutas e hortaliças, está sendo pesquisada a viabilidade da introdução de cultivares transgênicos de arroz, capazes de sintetizar e acumular altas quantias de betacaroteno nos grãos, conhecido como “arroz dourado”, em função da mudança na coloração com o acúmulo dessa substância (TANG et al., 2009).

Além das vitaminas, há um crescente interesse por alimentos funcionais, também chamados de fitoquímicos, que não são classificados como nutrientes, pois não satisfazem a definição clássica de um nutriente, ou

seja, uma substância indispensável ao corpo para obter energia ou construir materiais (SIZER; WHITNEY, 2003). Contudo, têm sido acumuladas evidências de que tais produtos podem realizar outras funções importantes relacionadas à prevenção de doenças ou estimular o absorção dos minerais pelo organismo humano. Atualmente, há literatura enfatizando que a dieta tem grande importância para a saúde do ser humano. Assim, no relato de um médico que lutou contra um câncer, é dito que esta doença pode ser um efeito da dieta não adequada, e ele propõe o uso de “alimentos” para definir os alimentos que funcionam como remédios nos tratamentos do câncer (SERVAN-SCHREIBER, 2008). Exemplos destes produtos são os carotenoides (alfa e betacaroteno, licopeno, etc.), flavonoides (flavona, isoflavona, etc.) além de outros. Uma adequada nutrição mineral das plantas pode aumentar o teor destes compostos nos alimentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito do potássio sobre alguns fitoquímicos dos frutos de tomate (adaptado de STEWART, 2001).

K	Carotenoides totais	Licopeno	Betacaroteno
meq L⁻¹	Micrograma por g de massa fresca do fruto		
0	72	37	3,5
1	75	42	3,6
2	92	54	3,1
4	92	53	2,8
8	112	62	2,6

Um assunto que tem sido muito comentado é a respeito da produção orgânica de alimentos e sua qualidade. A revisão de Dangour et al. (2009) é bem esclarecedora sobre o assunto. Os autores revisaram mais de 50 mil artigos publicados nos últimos 50 anos e concluíram que não há diferenças significativas na qualidade nutricional de produtos agrícolas obtidos em sistemas de manejo convencional e orgânico (Tabela 7).

Tabela 7 - Comparação sobre a influência do manejo orgânico e convencional no conteúdo de nutrientes e outras substâncias em produtos agrícolas (DANGOUR et al., 2009).

Nutriente	Número de pesquisas	Número de comparações	Maior nível no produto
Nitrogênio	17	64	Convencional
Vitamina C	14	65	Sem diferença
Compostos fenólicos	13	80	Sem diferença
Magnésio	13	35	Sem diferença
Cálcio	13	37	Sem diferença
Fósforo	12	35	Orgânico
Potássio	12	34	Sem diferença
Zinco	11	30	Sem diferença
Sólidos solúveis totais	11	29	Sem diferença
Cobre	11	30	Sem diferença
Acidez titulável	10	29	Orgânico

Assim, com os exemplos citados, fica evidente que a nutrição adequada das culturas é um fator importante e decisivo para a produção de alimentos em quantidade e qualidade, visando a satisfazer a dieta da humanidade.

2.3 As plantas vestem a humanidade

A arte de produzir e trabalhar a fibra do **algodão** é milenar, sendo esta a principal fibra têxtil. As fibras representam 35% do peso dos capulhos, e as sementes (65% restantes) são consideradas como subproduto, tendo diversas aplicações (óleo e torta, principalmente). O Brasil é um grande produtor mundial de algodão, ocupando o 5º lugar no biênio 2003-2004.

As características da fibra do algodão são determinadas principalmente por fatores genéticos, climáticos, etc., sendo que a nutrição da planta

também é um fator a ser considerado. As propriedades físicas das fibras que dão indicação de sua qualidade, são: comprimento, uniformidade de comprimento, resistência e maturidade, além de algumas propriedades do fio, conforme mencionado por Silva et al. (1994). As características técnicas da fibra, apesar de determinadas por fatores genéticos, sofrem decisiva influência de fatores ambientais - alguns incontroláveis, como as condições climáticas, e outros passíveis de controle, como a fertilidade do solo e a incidência de pragas e doenças. Entre os nutrientes, o potássio é o que mais influi na qualidade das fibras. Pelos resultados de Sabino et al. (1984), houve influência do potássio no índice *micronaire* e na maturidade das fibras, indicando melhoria da qualidade da fibra do algodoeiro cultivado em solo com alta possibilidade de resposta da planta à adubação potássica (Tabela 8).

Diante do que foi apresentado, fica demonstrada a necessidade de uma nutrição equilibrada para que as plantas produtoras de fibra possam desempenhar o seu papel de vestir a humanidade.

Tabela 8 - Características tecnológicas da fibra do algodoeiro em função da aplicação de potássio (SABINO et al., 1984).

K_2O	comprimento	uniformidade	<i>micronaire</i>	maturidade	resistência
kg ha ⁻¹	mm	%	índice	%	g por Tex
0	26,4	44,0	3,6	40,8	20,8
60	26,6	44,7	4,0	46,7	20,5
120	26,6	44,9	4,1	48,3	20,4
Faixa ideal	30-40	45-46	3,6-4,2	75-84	26

2.4 As plantas abastecem a humanidade

Cada vez mais a humanidade é dependente de energia, e a busca de fontes alternativas, denominadas de “energia limpa”, tem sido objeto de muitas pesquisas. Desde os primórdios da humanidade, a madeira é usada para muitos fins, como, por exemplo, para construção civil, de ferramentas, etc. Com o surgimento da escrita e depois do papel, o consumo de celulose

é um dos indicativos do desenvolvimento dos países. Algumas espécies de plantas também abastecem a humanidade de substâncias, como o látex para produção de borracha.

As revisões sobre o efeito da nutrição sobre a característica de qualidade das plantas abastecedoras da humanidade foram feitas por Korndörfer (1994) para cana-de-açúcar, Shimoyama e Barrichelo (1994) para a madeira e celulose, e Bastos (1994) para o látex da seringueira.

A qualidade da **cana-de-açúcar** depende de muitos fatores relacionados à composição do colmo e de fatores relacionados aos materiais estranhos ao colmo. Na composição do colmo, são avaliados dois aspectos: a riqueza em açúcares e o potencial de recuperação dos mesmos na indústria. A riqueza em açúcar é determinada pela POL (teor de sacarose aparente), pureza (POL/Brix x 100), fibra (%), etc. (RIPOLI; RIPOLI, 2009). Para a indústria, quanto maior a POL, melhor. O teor de fibra reflete na eficiência da extração na moenda; portanto, quanto maior o teor de fibra, menor a eficiência de extração.

Os ensaios realizados em diversas partes do mundo indicam que tanto o nitrogênio (em maior porção) como o fósforo diminuem a POL da cana-de-açúcar, embora o aumento de produtividade seja evidente nestes ensaios. No Brasil, há entretanto ensaios que mostram efeito oposto, pois Malavolta (1994) observou que somente com doses de nitrogênio acima de 200 kg ha⁻¹ é que houve diminuição no teor de sacarose (Figura 1). O efeito negativo na POL é motivado pelas doses excessivas de nitrogênio que forcem a vegetação, e em consequência há consumo de açúcar e formação de mais aminoácidos e proteínas. A aplicação de fósforo também influencia na POL da cana-de-açúcar (Figura 2) (KORNDÖRFER, 1994). Um teor de sacarose maior que 14 é considerado adequado (RIPOLI; RIPOLI, 2009).

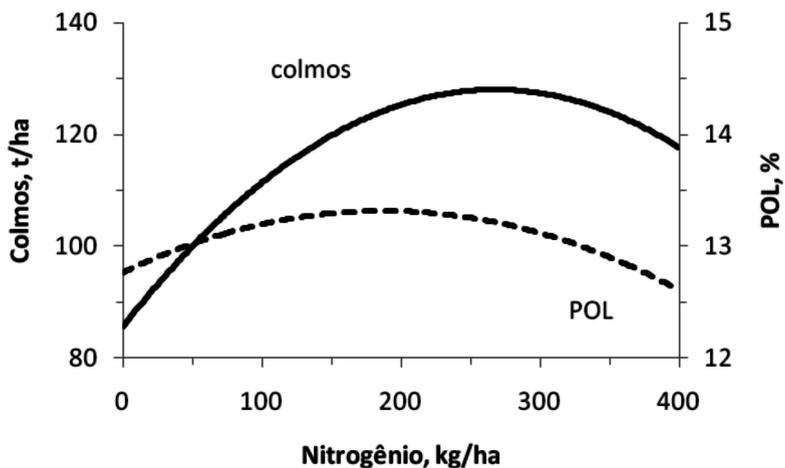


Figura 1 - Aumentos de produtividade e alterações na qualidade de colmos de cana-de-açúcar em função da aplicação do fertilizante nitrogenado (MALAVOLTA, 1994).

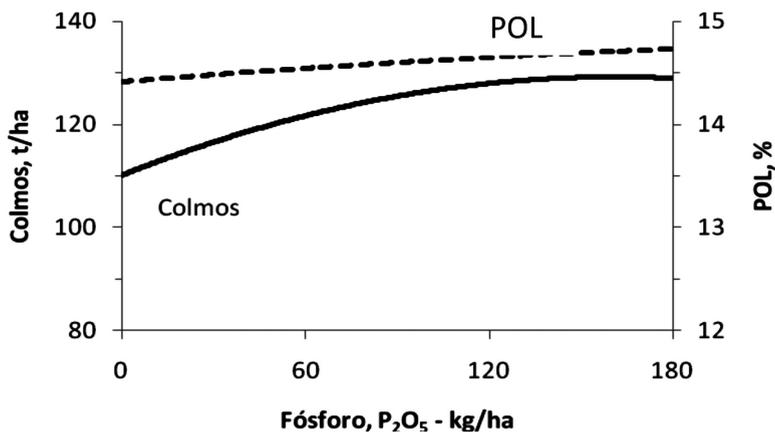


Figura 2 - Aumentos de produtividade e alterações na qualidade de colmos de cana-de-açúcar em função da aplicação do fertilizante fosfatado (KORNDÖRFER, 1994).

A presença de fósforo no caldo da cana-de-açúcar exerce um papel importante no processo de clarificação, pois caldos com baixos teores deste nutriente são de difícil clarificação. O caldo turvo e de coloração intensa tem como consequência um açúcar de pior qualidade e de menor valor comercial. Segundo Korndörfer (1994), o teor mínimo para uma boa floculação é de 200 mg L^{-1} , e caso os teores sejam inferiores a este valor, deve-se adicionar fósforo ao caldo. Por meio de resultados de outros pesquisadores, o autor evidenciou pela equação a seguir, a relação entre o teor disponível de fósforo no solo e o teor deste nutriente no caldo:

$Y (\text{mg L}^{-1} \text{ de } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ no caldo}) = 82,75 - 8,59x + 0,672x^2$, sendo x o teor de P disponível no solo

Pereira et al. (1995) indicaram a relação entre a aplicação de fósforo na cana-de-açúcar e o teor deste nutriente no caldo extraído (Figura 3).

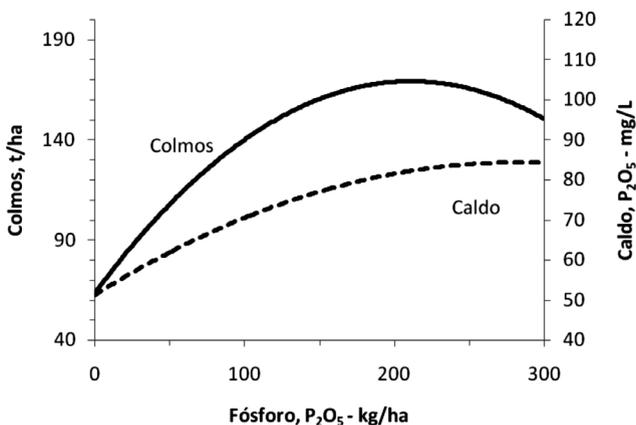


Figura 3 - Efeito da adubação fosfatada na produtividade de colmos e no teor de fósforo do caldo de cana-de-açúcar (PEREIRA et al., 1995).

O potássio também tem efeito na qualidade da cana-de-açúcar, principalmente relacionado ao teor de cinzas do caldo (Figura 4), conforme dados citados de outros autores por Korndorfer (1994). O elevado teor de cinzas do caldo provoca efeitos negativos na fabricação de açúcar, reduzindo seu rendimento industrial e, conseqüentemente, produzindo maior quantidade de mel final. Por outro lado, quando se trata da fabricação de

álcool, os constituintes das cinzas agem como fornecedores de nutrientes para as leveduras.

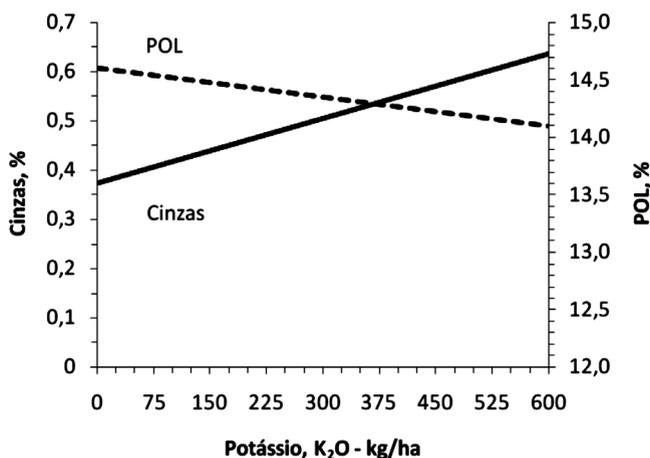


Figura 4 - Efeito do potássio na qualidade dos colmos e do caldo de cana-de-açúcar (Citado por Korndörfer, 1994).

A lei brasileira, promulgada em 2005, prevê a obrigatoriedade da adição de 2% de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final a partir de 2008. A matéria-prima para produção de biodiesel pode ser qualquer um dos óleos vegetais, como de soja, mamona, girassol, palma (dendê), algodão, milho, babaçu, amendoim, canola e outras oleaginosas, além da gordura vegetal e óleos residuais (MOURAD, 2006). Um exemplo sobre a nutrição da planta e a produtividade de óleo pode ser visto no trabalho de Silva (2007).

A madeira é usada desde os primórdios da humanidade como fonte de energia e ainda hoje é a principal fonte em países em desenvolvimento. Nos países mais desenvolvidos, a madeira obtida da silvicultura é usada principalmente para obtenção de carvão, usado nas siderúrgicas e na forma de toras para fabricação de papel e celulose e, em menor proporção, como lenha para usos domésticos.

As características da madeira resultam da interação das condições ambientais e do potencial genético da árvore. A nutrição das coníferas pode influenciar nas porcentagens de lenho, na densidade básica, nas

características das fibras, na composição química e nos teores de madeira juvenil e adulta. Poucos trabalhos têm tratado do efeito da fertilização na composição química da madeira, conforme mostra a revisão de Shimoyama e Barrichelo (1994). Estes autores citam que, em geral, a fertilização tem como consequência a diminuição dos teores de celulose e de extrativos e aumento no teor de lignina, características estas motivadas pela elevação no ritmo de crescimento da árvore.

O eucalipto é plantado para produção de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerados, combustível industrial e doméstico, e para produtos de serraria. A produção de eucalipto começa com a produção de mudas de qualidade, conforme citam Silveira et al. (2001). Os resultados de pesquisas sobre a adubação do eucalipto, segundo Barreiros et al. (2007), mostraram que houve significativo aumento da produtividade, porém há poucos trabalhos relatados na literatura em que se estudou a influência da adubação na qualidade da madeira. Estes autores apresentaram resultados mostrando que a adubação (orgânica e mineral) aumentou o volume e a massa comercial do produto colhido, porém diminuiu a densidade da madeira e não alterou o seu poder colorífico. Quanto aos atributos químicos da madeira colhida, foi relatado que os teores de lignina, celulose e extratos totais não mudaram com adubação, porém houve aumento no teor de cinzas.

O látex é extraído da seringueira, árvore originária da Bacia Amazônica, com o qual é produzida a borracha natural, que é uma matéria-prima agrícola importante para a manufatura de uma grande quantidade de produtos estratégicos e indispensáveis para a humanidade. A indústria de pneumáticos é a maior consumidora de borracha natural.

Em revisão, Bastos (1994) concluiu que “com relação à cultura da seringueira, existe um enorme campo para quem se dispuser a trabalhar com ela, estando praticamente tudo por ser feito, havendo necessidade premente de informações, tais como conseguir antecipar o início da sangria, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade do látex, entre muitas outras”. Esta conclusão ainda hoje é válida, tendo em vista que são experimentos de longa duração, mas resultados de pesquisa têm sido publicados na última década.

O período de imaturidade, definido como o tempo necessário para a entrada do seringal em sangria com 50% das plantas atingindo perímetro do caule igual ou superior a 45 cm, é uma característica importante, pois

determina o início do retorno dos investimentos aplicados na formação do seringal. A adubação no período de formação visa principalmente à redução do período de imaturidade do seringal e, quando ela é bem equilibrada, pode reduzir o período de espera para a sangria em até um ano (Figura 5).

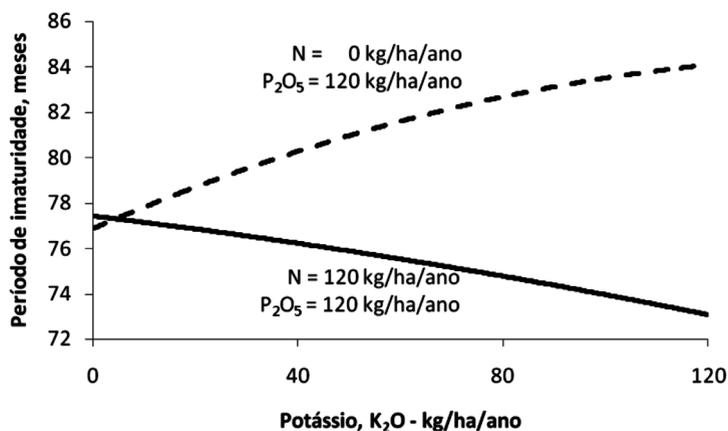


Figura 5 - Efeito da nutrição potássica e nitrogenada no período de imaturidade do seringal (BATAGLIA; SANTOS, 1998).

Em experimento realizado em seringal de 16 anos, que durou 3 anos, Virgens Filho et al. (2003) estudaram o efeito da nutrição nas características físicas e químicas do látex. Os autores relataram que a adubação aumentou o perímetro do tronco, sendo que o potássio foi o nutriente que mais influenciou no incremento de espessura da casca. Alguns parâmetros do látex foram alterados pela adubação. Houve aumento do teor de sacarose, mas a adubação não alterou o conteúdo de borracha seca.

Para que as plantas possam abastecer a humanidade de energia, de fibras, de borracha e de outros materiais de qualidade, é necessário que as mesmas tenham uma nutrição adequada, como pode ser constatado nos exemplos acima mencionados.

2.5 As plantas recuperam o ambiente

Como é sabido, as plantas absorvem gás carbônico e liberam oxigênio

pela fotossíntese. A recuperação de ambientes degradados antropicamente com árvores nativas depende então da realização da fotossíntese para a retirada do CO₂ da atmosfera. Soreano (2006) estudou a exigência nutricional de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais (pioneiras, secundárias e clímax) e constatou que as espécies florestais nativas têm exigências nutricionais diferenciadas, e a nutrição adequada pode ser um dos fatores determinantes para o sucesso de recuperação florestal. A autora concluiu ainda que a omissão dos nutrientes resultou em alterações morfológicas traduzidas em anormalidades visíveis, sendo que, em condições de cultivo em solução nutritiva, o boro, o ferro, o cobre e o zinco causam os primeiros sintomas, seguidos por nitrogênio, fósforo e potássio. Por exemplo, a deficiência de boro, comum em regiões tropicais, causou a morte do meristema apical, tornando as plantas altamente ramificadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Andrade (2007). Soreano (2006) indica que as deficiências nutricionais restringem o desenvolvimento de espécies exóticas e, como consequência, a captura de carbono é menor (Tabela 9). A nutrição das espécies pode alterar significativamente a fotossíntese e a transpiração (Figura 6) (ANDRADE, 2010). As medições de respiração e fotossíntese foram realizadas utilizando-se do aparelho IRGA, quando houve manifestação de sintoma visual de deficiência nas plantas de jequitibá-branco cultivadas em solução nutritiva completa e deficientes em nitrogênio ou fósforo.

Tabela 9 - Massa seca vegetal relativa produzida nos tratamentos com deficiência nutricional em comparação ao tratamento completo (SOREANO, 2006).

----- Guarita -----		----- Tapirira -----		----- Paineira -----		----- Embaúba -----	
Completo	100	Completo	100	Completo	100	Completo	100
- N	39	- N	43	- N	45	- N	54
- B	49	- K	25	- Ca	52	- Ca	66
- Zn	68	- Ca	36	- Zn	66	- Zn	70

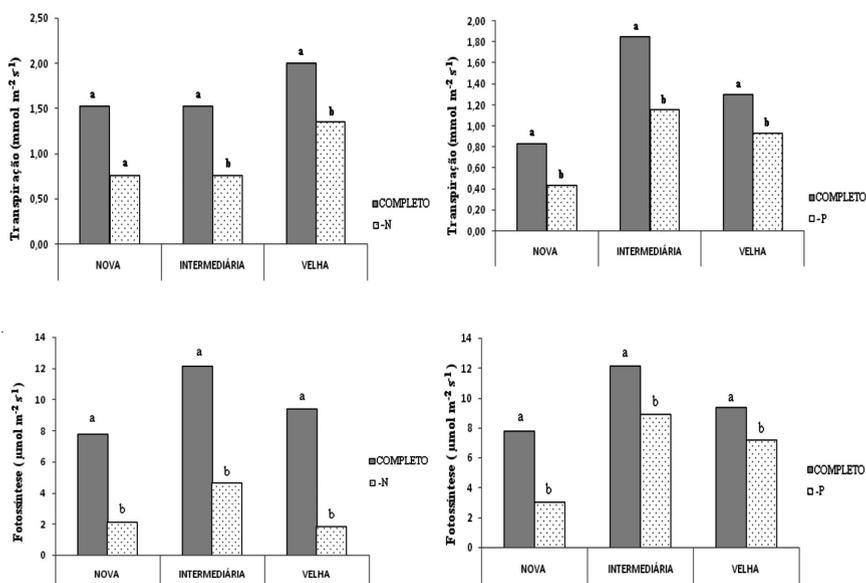


Figura 6 - Alterações na transpiração e fotossíntese de plantas de jequitibá-branco cultivadas em solução nutritiva completa e deficientes em nitrogênio ou fósforo (ANDRADE, 2010).

2.6 As plantas embelezam o ambiente

O que seria da natureza se não houvesse árvores com suas folhas com diferentes tons de verde, com suas flores vistosas, com suas diferentes formas? Sem dúvida nenhuma, as florestas são ambientes muito mais belos que os desertos.

Do ponto de vista comercial, a floricultura tem movimentado um volume grande de recursos. Na floricultura, a qualidade pode ser definida como o conjunto de atributos que fazem com que o produto se torne vendável. Segundo Magalhães et al. (2004), a aceitabilidade do produto pelos consumidores é avaliada por meio das características visuais tamanho, forma e condição (sanidade, turgescência e maturidade). Nas floriculturas, encontram-se flores de corte (crisântemo, rosa, gypsófila, strelitzia, helicônia, etc.) e em vasos (violeta, crisântemo, orquídea, azaleia, etc.).

Para exemplificar o efeito da nutrição desbalanceada, depreciando a qualidade das rosas, são apresentadas as Figuras 7 e 8, adaptadas de Casarini e Folegatti (2006). As rosas foram cultivadas em ambiente protegido, e as doses de nitrogênio, na forma de nitrato de amônio aplicado no solo, diminuíram o tamanho da haste floral, que é um dos parâmetros de qualidade. Tal efeito, segundo os autores, foi devido à maior absorção radicular dos íons amônio. Também a adubação potássica excessiva prejudicou a produtividade de hastes florais, e tal efeito depressivo foi explicado pelo aumento da condutividade elétrica da solução do solo (Figura 8). Comparando a produtividade da primeira dose de potássio com a última, houve diminuição de 27%.

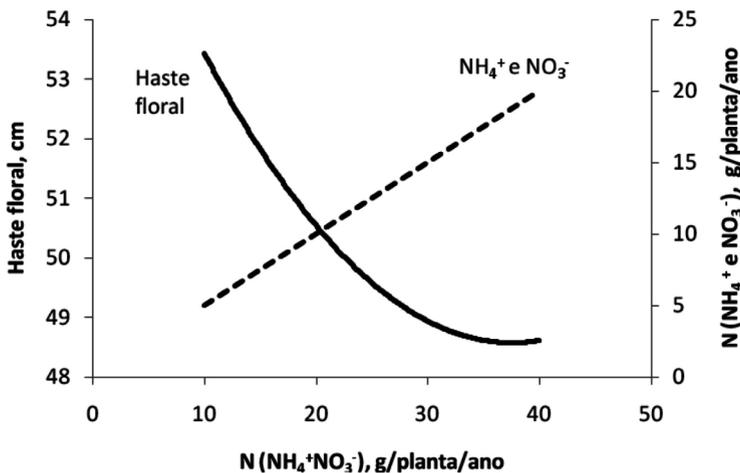


Figura 7 - Doses de Nitrogênio e a quantidade de íons amônio e nitrato aplicado no solo e o comprimento da haste floral de rosas (adaptado de CASARINI E FOLEGATTI, 2006).

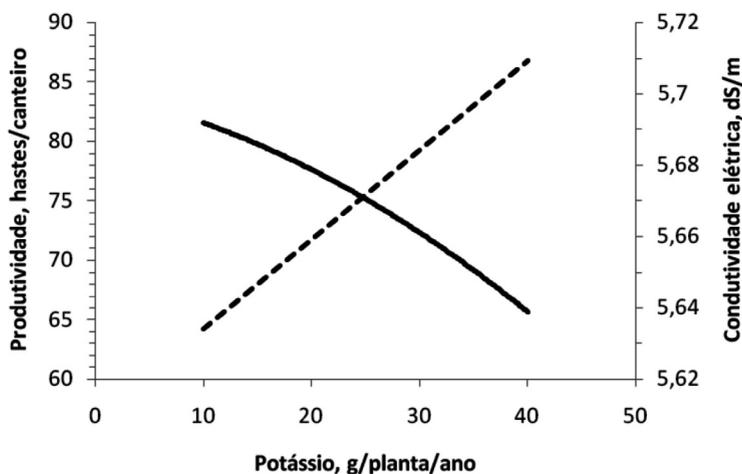


Figura 8 - Efeito de doses de potássio na condutividade elétrica da solução do solo e no comprimento da haste floral (adaptado de CASARINI E FOLEGATTI, 2006).

A comercialização de crisântemos está diretamente relacionada com o tamanho e a qualidade das folhas, hastes e inflorescências, sendo que a qualidade das inflorescências é altamente dependente da adubação e do manejo do substrato. O potássio tem-se mostrado muito importante ao desenvolvimento do crisântemo desde as primeiras semanas de cultivo, até a época de formação das inflorescências (SOUZA et al., 2007). Estes autores avaliaram o efeito do fornecimento do potássio através de fertirrigação na qualidade da inflorescência do crisântemo desenvolvido em vasos contendo fibra de coco (Figuras 9A,B). Constata-se neste caso que o potássio promoveu melhoria em todas as variáveis de qualidade das plantas de crisântemo.

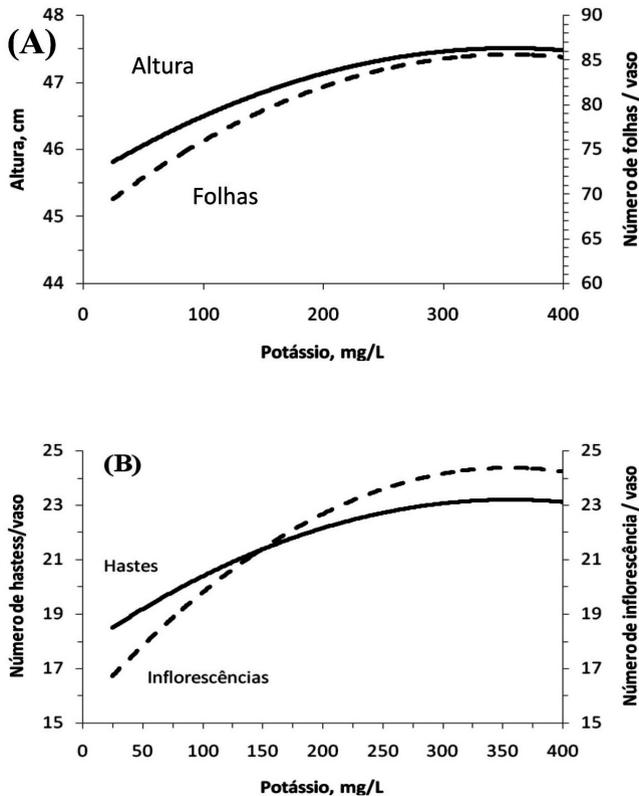


Figura 9 - Doses de potássio no desenvolvimento (A) e em parâmetros qualitativos (B) da produção de crisântemo em vasos contendo fibra de coco (SOUZA et al., 2007).

Esses resultados são suficientes para demonstrar a importância da nutrição equilibrada das plantas que produzem flores e que tanto embelezam nosso ambiente e também o planeta.

2.7 Considerações finais

De há muito se conhece que as plantas, para viverem e serem utilizadas pela humanidade como alimento, fibra, energia e outros usos, necessitam

realizar a fotossíntese e todo o metabolismo vital. Os nutrientes que são absorvidos do solo ou da atmosfera têm funções específicas na vida da planta. As culturas precisam ser abastecidas destes nutrientes em quantidade e qualidade, e caso a nutrição seja de acordo com as suas exigências nutricionais, pode-se esperar, se os outros fatores de produção estiverem também supridos, uma produtividade compatível com suas potencialidades, e o produto obtido será de boa qualidade. Isto está cientificamente demonstrado pelos inúmeros resultados de pesquisas já acumulados, sendo que foi aqui apresentada uma pequena amostra do conhecimento já existente.

Fica também um alerta para os cientistas agrícolas passarem a considerar, na geração de novas cultivares e no estabelecimento das recomendações de adubação, que os aumentos de produtividade sejam acompanhados da manutenção e/ou melhoria da qualidade dos produtos agrícolas. Se tomada esta precaução, no futuro, 100 g de arroz/feijão cozido ou ainda 100 mL de suco continuarão não apenas a saciar a fome, mas também a garantir a nutrição humana de forma adequada.

2.8 Literatura citada

- ANDRADE, M.L.F. **Sintomatologia de carência de nutrientes em *Croton urucurana* Bail. (sangra d'água) e em *Schinus terebinthifolius* Raddi. (aroeira-pimenta)**. 2007. 128 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- ANDRADE, M.L.F. **Exigência nutricional de três espécies florestais nativas na fase inicial de crescimento e consequências no sequestro de carbono**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba. (Em Redação)
- ARF, O. Importância da adubação na qualidade do feijão e do caupi. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap.14, p. 233-347.
- BAÑUELOS, G.S.; LIN, Z.Q. **Development and uses of biofortified agricultural products**. Boca Raton: CRC Press, 2008. 297p.
- BARBOSA FILHO, M.P.; FONSECA, J.R. Importância da adubação na qualidade do arroz. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 13, p. 217-231.

- BARREIROS, R.M.; GONÇALVES, J.L.M.; SANSÍGOLO, C.L.; POGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Árvore**, v.31, p.102-111, 2007.
- BASTOS, J.R.C.A.G. Importância da adubação na cultura da seringueira (*Hevea brasiliensis* MUELL. ARG.). In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap.8, p.143-152.
- BATAGLIA, O.C.; SANTOS, W.R. Nutrição e adubação de seringais em formação e produção. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1., Barretos. **Anais...** Barretos: SAA - APABOR, 1998, p. 45-60.
- BOFF, L. Virtudes para um outro mundo possível. v.III: Comer e beber juntos e viver em paz. Petrópolis: Vozes, 2006, 135p.
- BOUIS, H.E. Economics of enhanced micronutrient density in food staples. **Field Crops Research**, v.66,p. 165-173, 1999.
- BREGAGNOLI, M. **Qualidade e produtividade de cultivares de batatas para indústria sob diferentes adubações**. 2006. 141f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Piracicaba.
- CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? **Plant and Soil**, v.302,p.1-17, 2008.
- CALAROTA, N. E.; CARVALHO, N. M. Efeitos da adubação nitrogenada sobre os conteúdos de óleo e de proteína e a qualidade fisiológica de sementes de girassol (*Helianthus annuus*). **Revista Brasileira de Sementes**, v.6, p.41-50, 1984.
- CAMPORA, P. S. Importância da adubação na qualidade de tubérculos e raízes. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994, cap.21, p. 357-372.
- CAPRA, F. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. Trad. Marcelo Brandão Cipolla, São Paulo: Editora Cultrix, 2002. 295 p.
- CARNEIRO, H. **Comida e sociedade: uma história da alimentação**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003. 185 p.
- CARVALHO, C.R.L.; FELTRAN, J.C.; MORGANO, M. A.; VALLE, T.L.; BERTTI, F.; MAZETTI, T. F.; GALERA, J. M. S. V. Aspectos bioquímicos e agrônômicos no cozimento de mandiocas. II. Fertilidade de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 12., 2007, Paranavaí. **Anais...** Paranavaí: PMP/SBM/IAPAR/CETEM. 1 CD, 4 p.
- CASARINI, E.; FOLEGATTI, M.V. Aspectos importantes na nutrição mineral de rosas. In: FLOREZ, R. V. J.; FERNÁNDEZ, A.C.; MIRANDA, L.D.; CHAVES, C.B.; GUZMÁN, P.J.M. **Avances sobre fertirriego en La floricultura Colombiana**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de

- Agronomia, 2006. cap. 9, p. 163-178.
- CASTELLANE, P.D. Nutrição mineral e qualidade de olerícolas folhosas. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 20, p. 345-355.
- CASTRO, E.M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R. R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p. (Circular Técnica, 34)
- CAZETTA, D.A.; FORNAZIERI FILHO, D.; ARF, O.; GERMANI, R. Qualidade industrial de cultivares de trigo e triticales submetidos à adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. **Bragantia**, v. 67, p. 741-750, 2008.
- CHARDIN, P.T. **O Fenômeno humano**. Trad. José Luiz Arcanjo, São Paulo: Cultrix, 1955, 392 p.
- CORREA, J.F.P. A Importância da adubação na qualidade de frutos (melão e melancia). In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 22, p. 373-385.
- CORRÊA, L.S.; FERNANDES, F.M. Importância da adubação na qualidade de frutas tropicais (abacaxi e mamão). In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 11, p. 177-188.
- DANGOUR, A.D.; DODHIA, S.K.; HAYTER, A.; ALLEN, E.; LOCK, K.; UAUY, R. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.90, p.680-685, 2009.
- DIBB, D.W.; ROBERTS, T.L.; WELCH, R.M. Da quantidade para a qualidade - a importância dos fertilizantes na nutrição humana. **Informações Agrônomicas**, n.111, p.1-6, 2005.
- DIDONET, A.D. Revisão sobre aspectos fisiológicos envolvendo qualidade e teor proteico do grão de trigo. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 15, p. 249-255.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 400 p.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **The state of food insecurity in the world 2008: high food prices and food security - threats and opportunities**. Rome: FAO, 2008. 56 p.
- FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v.58, p.131-138, 2001.
- FERREIRA, C.M.; PINHEIRO, B.S.; SOUSA, I.S.F.; MORAIS, O.P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.

- FLANDRIN, J.L.; MONTANRI, M. **História da Alimentação**. v.1: Dos primórdios à Idade Média. Trad. Maria da Graça Pinhão, Lisboa: Terramar, 1998. 350 p.
- FLANDRIN, J.L.; MONTANRI, M. **História da Alimentação**. v.2: Da Idade Média aos tempos atuais. Trad. Maria da Graça Pinhão e Catarina Gândara, Lisboa: Terramar, 2001. 447p.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18,p.229-233, 1994.
- GARVIN, D.F.; WELCH, R.M.; FINLEY, J.W. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentrations of US hard red winter wheat germplasm. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, p.2.213-2.220, 2006.
- GODFRAY, H. C.J.; BEDDINGTON, J.R.; CRUTE, I.R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J.F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S.M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v.327, n.5967, p.812-818, 2010.
- HAO, H.; WEI, Y.; YANG, X.; FENG, Y.; WU, C. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn: Concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). **Rice Science**, v.14,p.289-294, 2007.
- KIKUTI, H.; ANDRADE, M.J.B.; KIKUTI, A.L.P.; PEREIRA, C.E. Qualidade de sementes de genótipos de feijão em função da adubação. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.37-43, 2006.
- KORNDÖRFER, G.H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 7, p. 133-142.
- KUNG, H. **O princípio de todas as coisas: ciências Naturais e religião**. Trad. Carlos Almeida Pereira, Petrópolis: Vozes, 2007. 288 p.
- LORENZI, J.O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, v.53, p.237-245, 1994.
- MAGALHÃES, A.M.; HONÓRIO, S.L.; LEAL, P.A.M. Avaliação da qualidade das flores de corte utilizadas para a confecção de buquês. In: CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 12., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP/CNPq. p. 241
- MALAVOLTA, E. Importância da adubação na qualidade dos produtos/função dos nutrientes na planta. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 1, p. 19-43.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.
- MORAES, M.F.; NUTTI, M.R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J.L.V. Práticas agronômicas para aumentar o fornecimento de nutrientes e vitaminas nos produtos agrícolas alimentares. In: LANA, R.P.; MÂNCIO, A.B.; GUIMARÃES,

- G.; SOUZA, M.R.M. **I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**. Viçosa: Departamento de Zootecnia - UFV, 2009. cap.18, p.299-312.
- MORAES, M.F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. **Informações Agronômicas**, n.123, p. 21-23, 2008.
- MOURÃO FILHO, F.A.A. Importância da adubação na qualidade dos citros. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap.6, p. 115-131.
- MOURAD, A.L. Principais culturas para obtenção de óleos vegetais combustíveis no Brasil. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: AGRENER/ScieloProceedings,2006. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200029&script=sci_arttext>. Acesso em: 11 jan. 2010.
- MURPHY, K.M.; REEVES, P.G.; JONES, S.S. Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars. **Euphytica**, v.163, p.381-390, 2008.
- NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; FERNANDES, D.M. Importância da adubação na qualidade do amendoim e da mamona. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 17, p. 289-317.
- PEREIRA, F.M.; COUTINHO, E.L.M.; OLIVEIRA, F.Z. Importância da adubação na qualidade das frutas de clima temperado. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 10, p. 161-175.
- PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B.; MORGADO, L.B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**,v.30,p.43-48, 1995.
- RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. 2. ed. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2009. 333 p.
- SABINO, N.P.; SILVA, N.M.; SABINO, J.C.; KONDO, J.I. Efeito do parcelamento da adubação potássica nas características agronômicas e propriedades tecnológicas da fibra do algodoeiro. **Bragantia**, v.43,p. 221-228, 1984.
- SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994, 433p.
- SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de sementes. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 4, p. 65-98.
- SASAKI, J.L.S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícola (alho, cebola, couve-flor, pimentão e tomate). In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 19, p. 331-343.

- SERVAN-SCHREIBER, D. **Anticâncer**: Prevenir e vencer usando nossas defesas naturais. Trad. Rejane Janowitz, Rio de Janeiro: Objetiva Ltda. 2008. 284 p.
- SFREDO, G.J.; CARRÃO, M.C. Importância da adubação e da nutrição na qualidade da soja. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 16, p.257-288.
- SHIMOYAMA, V.R.S.; BARRICHELO, L.E.G. Importância da adubação na qualidade da madeira e celulose. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 9, p.153-160.
- SILVA, D.H. **Boro em mamoneira**: aspectos morfológicos e fisiológicos relacionados à deficiência e toxicidade. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.
- SILVA, N.M.; KONDO, J.I.; SABINO, N.P. Importância da adubação na qualidade do algodão e outras plantas fibrosas. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação e qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 12, p. 189-215.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M.R.A. Seja o doutor do seu eucalipto. **Informações Agrônomicas**, n. 93, 2001. 32 p. (Arquivo do Agrônomo, 12)
- SIZER, F.S.; WHITNEY, E.N. **Nutrição**: conceitos e controvérsias. 8. ed. Trad. Nelson Gomes de Oliveira e outros, Barueri: Manole, 2003. 567 p.
- SOREANO, M.C.M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial do crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba.
- SOUZA, J.V.; RODRIGUES, C.R.; RODRIGUES, T.M.; ÁVILA, F.W.; BALIZA, D.P. Avaliação da qualidade de crisântemo cv. Puritan em resposta à adubação potássica e em diferentes substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Viçosa: SBCS. 1 CD, 4 p.
- SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; FURLANI, P.R.; SIGRIST, J.M.M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26,p.155-159, 2004.
- STEWART, W.M. Crop nutrition and functional foods. **News & Views**, 2001. 2p.
- TANG, G.; QIN, J.; DOLNIKOWSKI, G.G.; RUSSELL, R.M.; GRUSAK, M.A. Golden Rice is an effective source of vitamin A. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.89, p.1.776-1.783, 2009.
- VASCONCELOS, C.A. Importância da adubação na qualidade do milho e do sorgo. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 18, p. 319-330.
- VIRGENS FILHO, A.C.; MOREIRA, C.; CASTRO, P.R.C. Características físicas

- e químicas do látex e crescimento da seringueira em função da calagem e da adubação NPK em dois sistemas de exploração. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.1.237-1.245, 2003.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L.A. **Arroz**: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v.38, p.1184-1192, 2008.
- WD (2009). Statistics by country for overweight. Disponível em: <<http://www.wrongdiagnosis.com/o/overweight/stats-country.htm>>. Acesso em: 9 mar. 2009.
- WELCH, R. M. Effects of nutrient deficiencies on seed production and quality. In: TINKER, B.; LAUCHLI, A. **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1986. v.2, cap.6, p. 205-247.
- WELCH, R.M.; GABELMAN, W.H. **Crops as sources of nutrients for humans**. Madison: SSSA/CSSA/ASA, 1984. 89 p.
- WELCH, R.M. Micronutrients, agriculture and nutrition: linkages for improved health and well being. In: SINGH, K.; MORI, S.; WELCH, R.M. **Perspectives on the micronutrient nutrition of crops**. Jodhpur: Scientific Publishers, 2001. cap.11, p. 247-289.
- Wikipedia (2010). Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/World_population>. Acesso em: 6 fev. 2010.
- WHITE, P.J.; BRADSHAW, J.E.; DALE, M.F.B.; RAMSAY, G.; HAMMOND, J.P.; BROADLEY, M.R. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. **HortScience**, v.44,p.6-11, 2009.
- ZARATIN, C.; SOUZA, S.A.; PANTANO, A.C.; SÁ, M.E.; ARF, O.; BUZETTI, S. Efeitos de quatro doses de potássio em seis cultivares de arroz de sequeiro irrigados por aspersão. I. Componentes de produção e produtividade. **Científica**,v.32,p.115-120, 2004.