

INTRODUÇÃO

Tem crescido no mundo a consciência acerca do valor das frutas frescas como complemento importante na alimentação humana equilibrada e sadia, sendo a manga o terceiro fruto tropical e o quinto fruto de consumo mundial (GALÁN SAÚCO, 1999), uma excelente fonte de vitaminas A, B₁, B₂, B₃ e C, além de aminoácidos metionina e triptofano. A manga é consumida ao natural, em saladas ou transformada em sucos, néctares, compotas, geléias, gelatinas e sorvetes. Com isso, a demanda por essa fruta tem aumentado muito, apresentando excelentes perspectivas para os países produtores.

Nas condições de solo e de clima do vale do rio São Francisco, onde há abundância de água de qualidade, expande-se a fruticultura irrigada como importante atividade econômica, produzindo frutos para o abastecimento interno e para a exportação, destacando-se as culturas da videira e da mangueira. Cerca de 95% da uva e de 86% da manga exportada pelo Brasil são produzidas no vale do rio São Francisco.

As produtividades obtidas com a mangueira têm alcançado até 500 kg/planta ou mais, em pomares bem conduzidos, aos sete ou mais anos de implantação. A média regional, entretanto, é em torno de 25 t/ha, o que, apesar de não ser uma alta produtividade para a região, é algo bem mais expressivo do que a produtividade média do país, em torno de 8 t/ha (IBGE, 2000).

Como a maioria das frutas tropicais, a manga apresenta problemas de pós-colheita, destacando-se os distúrbios fisiológicos verificados em variedades como a Tommy Atkins e a Haden, causando sérios problemas à comercialização dos frutos ao natural. A exemplo do que ocorre com outras frutas no país, as perdas são da ordem de 20% (SOUZA, 1991). Vários fatores contribuem para as elevadas perdas, ratificando mais uma vez a necessidade de melhorar o sistema de produção atual, o que, certamente, inclui o suprimento adequado de nutrientes às plantas.

A melhoria do processo produtivo de manga na região envolve aspectos relacionados com o suprimento adequado de nutrientes, a fim de possibilitar produtividades elevadas e frutas de boa qualidade. Para que os nutrientes sejam fornecidos em quantidades adequadas e de maneira equilibrada, é importante contar com um sistema adequado de diagnose foliar que possa auxiliar no processo de interpretação do sistema nutricional de mangueiras Tommy Atkins nas condições de solo e de clima da região do Submédio São Francisco.

Entre os sistemas de diagnóstico atualmente conhecidos, tem-se, como alternativa, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS).

Os objetivos deste trabalho foram: 1) Gerar normas DRIS para a mangueira cultivar Tommy Atkins; 2) Avaliar o estado nutricional de pomares de mangueira cultivar Tommy Atkins, empregando-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação; e 3) Avaliar a qualidade de frutos na colheita e na pós – colheita e estabelecer as suas correlações com as características físicas e químicas dos solos e com o estado nutricional das plantas nos municípios de Juazeiro, Casa Nova, Curaçá, Abaré-BA e de Petrolina- PE, no Submédio do Vale do Rio São Francisco, Nordeste do Brasil.

REVISÃO DE LITERATURA

Origem e taxonomia da Mangueira

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma espécie cultivada há mais de seis milênios. Desde a sua área de origem na região indo-birmânica, a mangueira tem se expandido a mais de 100 países dos trópicos e subtropicais, sendo favorecida pela excelência dos seus frutos e pelo trabalho de agricultores e de pesquisadores na melhoria do cultivo.

A manga é a espécie de maior importância da família das Anacardiáceas, tanto pela sua distribuição geográfica, entre 33 ° de latitude Sul e 36 ° de latitude Norte, como por sua importância econômica, que a classifica como o 5.º fruto de consumo mundial e 3.º entre os tropicais.

A mangueira pertence à classe, Dicotiledôneas; subclasse, Rosidae; Ordem, Sapindales; Subordem, Anacardiineae; família, Anacardiaceae; gênero, *Mangifera*; espécie, *indica* (GALÁN SAÚCO, 1999).

Produção e Produtividade da Mangueira

Os principais países produtores de manga no mundo totalizaram, em 1998, uma superfície plantada com essa cultura da ordem de 2.670.000 ha, correspondendo à América do Sul 3,55 % desse total, 60 % da qual refere-se ao Brasil (57.000 ha) (GALÁN SAÚCO, 1999). Em 1999 o Brasil ocupou a nona posição no mundo como produtor de manga, após a Índia, China, México, Tailândia, Filipinas, Paquistão, Nigéria e Indonésia (FAO, 1999). A produção mundial dos principais países totalizou em 1999, 24.179.000 t, participando o Brasil com 600.000 t (FAO, 1999). A produtividade média da cultura no país é baixa (8,0 t/ha) (IBGE, 2000). Os meses de setembro e de outubro são os de maior desabastecimento em nível mundial, correspondendo essa época ao final da produção dos países tropicais do hemisfério Norte, e o começo da produção no hemisfério Sul (GALÁN SAÚCO, 1999), ocasião para excelentes negócios pelos exportadores brasileiros, especialmente os nordestinos. As exportações na região Sanfranciscana ocorrem principalmente de outubro a janeiro, com maior volume em novembro.

Características do Cultivar e das Áreas Plantadas

No Vale do Rio São Francisco foram levantados 21.800 ha cultivados com mangueira (CODEVASF, 1999), dos quais, cerca de 13.000 ha no Submédio São Francisco, entre 9 e 10 ° de latitude Sul, altitude 367 m. O cultivar Tommy Atkins ocupa mais de 77 % da área plantada.

No Quadro 1 são descritas as características do cultivar Tommy Atkins (GALÁN SAÚCO, 1999), enquanto que no Quadro 2 são quantificados os pomares localizados nos municípios abrangidos por este trabalho, constatando-se um predomínio de 1.718 propriedades com pomares de mangueira Tommy Atkins com até 10 ha e uma minora de propriedades com mais de 10 ha (CODEVASF, 1999). No Quadro 3 são apresentadas informações sobre alguns projetos de irrigação da região abrangida por esta pesquisa. Na figura 1 são mostradas as áreas onde se cultiva a mangueira Tommy Atkins no Brasil (CODEVASF, 1999).

Quadro 1. Características de mangueiras do cultivar Tommy Atkins

Variável	Característica
Tipo (origem)	Monoembrônica
Época de colheita	Temporã – média
Hábito de crescimento	Copa redonda, vigor moderado
Forma do fruto	Oblongo – oval
Cor da casca	Laranja roxo intenso
Presença de fibras	Média
Tamanho do caroço	Pequeno
Facilidade de consumo com colher	Pequena
Peso do fruto	500 a 750 g
Resistência à antracnose	Resistente
Sensibilidade à decomposição interna do fruto	Muito sensível
Sensibilidade a aborto de embrião	Pouco sensível
Sensibilidade à mancha negra bacteriana	Muito sensível
Observações	Casca muito grossa e resistente a danos mecânicos

Fonte: (GALÁN SAÚCO, 1999)

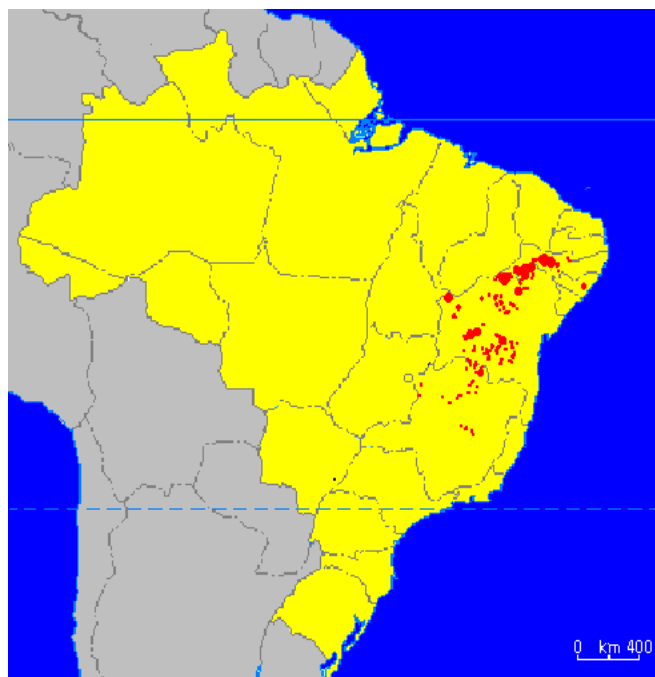


Figura 1 - Áreas plantadas com a mangueira Tommy Atkins no Brasil (em vermelho) Fonte: CODEVASF (1999).

Quadro 2- Número de propriedades por município, conforme o tamanho (ha), com mangueira Tommy Atkins no Submédio São Francisco

Município	Tamanho da propriedade (ha)				
	< 1	1 a 3	3 a 5	5 a 10	> 10
Casa Nova	12	37	44	20	48
Santana	2	1	0	0	1
Sobradinho	3	3	2	0	0
Curaçá	9	6	5	4	3
Juazeiro	423	304	76	73	73
Abaré	0	0	0	0	1
<u>Sub totais/BA</u>	449	351	127	97	125
Petrolina	186	285	86	113	67
Remanso	2	2	0	2	0
Boa vista	2	5	7	4	5
Sub totais/PE	190	292	93	119	72
Totais	639	643	220	216	197

Fonte: CODEVASF (1999)

Quadro 3 - Informações sobre os perímetros irrigados no di-pólo Juazeiro-BA – Petrolina-PE

Projeto de Irrigação	Ano de Implantação	Sistema de Irrigação	Distância de Juazeiro	Área Total	Área Irrigável	Nº de Lotes
			km	Ha	ha	
Curaçá – BA	1982	Gravidade Pressurizada	75	15.076,63	4.349,98	289
Manicoba – BA	1981	Gravidade	38	12.317,30	4.292,83	314
Tourão – BA	1978	Gravidade Pressurizada	16	11.240,18	10.688,59	43
Nilo Coelho - PE	1983	Pressurizada	10	20.018,00	15.254,00*	1.562

* Área implantada. Fonte: Adaptado de CODEVASF (2002).

Na região do Submédio São Francisco todos os pomares comerciais são irrigados (Quadro 3). O sistema de irrigação pressurizada (gotejamento ou micro-aspersão) é o mais eficiente na aplicação da água. Há tendência clara na região em se utilizar cada vez menos a irrigação por sulcos (gravidade), passando isso a ser quase uma necessidade premente, quanto mais crítica se tornar a crise da energia e da disponibilidade de água.

Planejamento e avaliação da adubação em culturas agrícolas

Para a correta adubação de culturas agrícolas é de grande importância que exista um planejamento prévio envolvendo a amostragem de solo e de plantas, de maneira que se possa avaliar a disponibilidade de nutrientes e o status nutricional da cultura. A amostragem de solo deve representar, ao máximo, a composição média da área explorada pelo sistema radicular da planta, o qual depende de características do cultivar, do solo, do sistema de irrigação empregado ou do regime hídrico regional, do sistema de manejo da cultura, dentre outras. A amostragem em pomares implantados deve ser feita a diferentes profundidades, aleatoriamente em pelo menos 20 pontos (20 amostras simples formando uma amostra composta) por gleba uniforme, sob a copa das árvores. Normalmente se tem retirado as amostras às profundidades de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm ou ainda a outras profundidades, quando necessário.

Análise de Solo

A fertilidade do solo é um dos mais importantes fatores determinantes da produção e da qualidade da manga (RAGHUPATHI & BHARGAVA, 1997). No entanto, resultados de análise de solo como única ferramenta para se fazer recomendação de fertilizantes apresentam limitada aplicabilidade para árvores frutíferas, devido à sua específica distribuição do sistema radicular, hábitos perenes, efeitos do porta – enxerto e frutificação diferenciada (alternância) (Bhargava & Cadha, 1988, citados por SAMRA e ARORA, 1997).

Diagnose visual

A diagnose visual tem como fundamento a manifestação por algum órgão da planta de sintomas de carência ou de excesso de determinado nutriente. Tais sintomas decorrem de desordens nutricionais resultantes da variação da disponibilidade de nutrientes no solo, aparecendo geralmente em folhas ou em outros órgãos da planta. Apesar de se tratar de uma metodologia barata e rápida, pode ser de aplicação não muito eficiente em condições de campo, especialmente quando mais de um nutriente se encontra em

deficiência, ou quando ocorre a deficiência de um elemento simultaneamente com a toxicidade de outro (BATAGLIA *et al.*, 1992). Outros problemas desta metodologia são: a) quando ocorrem os sintomas, já deve estar acontecendo uma redução do potencial de produtividade na safra atual; b) há dificuldades, às vezes, de se distinguir o sintoma de carência nutricional com o de ataque de pragas e de doenças (BATAGLIA *et al.*, 1992; MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Sintomas de deficiências nutricionais em mangueira foram descritos para os seguintes nutrientes: Nitrogênio (SAMRA & ARORA, 1997; Smith e Scudder, 1951, citados por CHILDERS, 1966); Fósforo (SAMRA & ARORA, 1997); Potássio (CHILDERS, 1966; KOO, 1968; SIMÃO, 1971); Cálcio (SAMRA & ARORA, 1997; SILVA, 1997); Magnésio (Smith e Scudder, 1951, citados por CHILDERS, 1966); Enxofre (SILVA, 1997; Smith e Scudder, 1951, citados por CHILDERS, 1966); Boro (SILVA, 1997); Cobre (RHUEHLE & LEDIN, 1955; SILVA, 1997); Ferro (SILVA, 1997); Zinco (RHUEHLE & LEDIN, 1955; CHILDERS, 1966, SILVA, 1997); Manganês: (Smith & Scudder, 1951, citados por CHILDERS, 1966; SILVA, 1997); Cloro (PANDEY *et al.*, 1971).

Análise Química de Folhas

A análise química de tecido vegetal é um dos métodos utilizados para avaliar o estado nutricional das plantas. Consiste em se comparar os valores dos elementos na amostra com os de um padrão (plantas normais), tornando-se, a partir disso, possível diagnosticar desequilíbrios nutricionais nas plantas. O desequilíbrio nutricional pode ser corrigido mediante a aplicação de fertilizantes e corretivos de solo.

A análise foliar se baseia na premissa de que a folha é altamente sensível para integrar a disponibilidade do nutriente no solo e outros fatores de suprimento, além da disponibilidade de nutrientes de '*per si*' que podem determinar a concentração de nutrientes nas folhas, por exemplo: idade da folha, posição, aspecto, estação, posição na copa, cultivar, tamanho da amostra etc. Por isso, é importante que se padronizem estes fatores a fim de se

determinar concentrações críticas de nutrientes e se programar devidamente as aplicações de fertilizantes (SAMRA & ARORA, 1997).

Idade das Folhas

KOO & YOUNG (1972) reportaram que as concentrações de fósforo e de potássio nas folhas de mangueira declinaram com a idade, enquanto que a concentração de cálcio aumentou. KUMAR & NAURIYAL (1977) reportaram alguma variação nas concentrações de N, P e K em folhas de 5 – 12 meses de idade em ramos sem frutificação. Thakur *et al.* (1981), citados por SAMRA & ARORA (1997), recomendaram como adequadas para a amostragem e análise as folhas com idade de 6 – 7 meses retiradas da parte mediana de ramos não frutificando, de cada lado da planta. Recomendação semelhante foi feita por CHADHA *et al.* (1980). DEVRANI & RAM (1978) analisaram micronutrientes em folhas com a idade de 1 – 12 meses em mangueira Dasherari de 26 anos de idade, no fluxo emitido no mês de março, observando: ausência de diferença nas concentrações de Fe em folhas de todas as idades; diminuição nas concentrações de Zn com a idade, enquanto que as de Cu foram menores nas folhas com 1 – 5 meses de idade, aumentando ligeiramente a concentração desse elemento nas folhas de 6 – 8 meses de idade, diminuindo bastante em folhas de 9 meses e aumentando em folhas de 10 a 12 meses de idade; aumento no teor de Mn até um máximo aos 10 meses de idade das folhas; aumento no teor de B até um pico aos 4 meses de idade, após o que diminuiu, aumentando outra vez aos 12 meses de idade das folhas.

Posição da Folha no Ramo

KOO & YOUNG (1972) descreveram que folhas basais de mangueira contêm mais P e K e menos Ca e N que as folhas terminais sobre o mesmo ramo. As diferenças entre as concentrações destes nutrientes nas folhas sobre ramos frutificando e não frutificando foram pequenas.

Tamanho da Amostra Retirada na Árvore

O tamanho da amostra composta para análise foliar, segundo KUMAR & NAURIYAL (1979), é de vinte a trinta folhas, tiradas ao acaso, de todos os lados da planta, enquanto que RAJAPUT *et al.* (1985), recomendam retirar 30 a 40 folhas por amostra. CHADHA *et al.* (1980) verificaram que as concentrações foliares de Fe e de Mn foram fotossensíveis e dependentes da direção em relação ao sol, recomendando que as amostras provenham de todos os lados da planta. CAVALCANTI (1998) recomenda retirar 4 folhas por planta, nos quatro pontos cardeais, em 25 plantas por talhão.

Porta-enxerto

O porta - enxerto e o enxerto exercem influência recíproca sobre a absorção de nutrientes afetando a concentração de nutrientes nas folhas. THAKUR *et al.* (1989) constataram diferenças nas concentrações de nutrientes nas folhas de mangueira Dashehari enxertada sobre dez porta-enxertos poliembriônicos e catorze monoembriônicos. REDDY *et al.* (1989), trabalhando com a cultivar Alphonso enxertada sobre oito porta-enxertos, incluindo Alphonso polinizada abertamente, encontraram diferenças nas concentrações foliares de N, P, K, Ca, Mg e S entre os porta enxertos.

Interpretação dos Resultados de Análise Química Foliar

A interpretação dos resultados de análise química foliar é feita utilizando-se diferentes critérios: Níveis Críticos, Faixas de Suficiência, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), entre outros.

Nível Crítico

O Nível Crítico de um nutriente é a sua concentração em uma determinada parte da planta, em determinado estágio de crescimento, que permite a obtenção de 90 a 95 % da produção máxima (ULRICH e HILLS, 1973 e SUMNER, 1979). Acima dessa concentração há baixa probabilidade de resposta à sua adição via adubação. Tem sido definido, também, como sendo a

concentração na folha, abaixo da qual a taxa de crescimento, a produção ou a qualidade são significativamente diminuídas (BATAGLIA *et al.*, 1996).

A diagnose foliar, pelo uso de níveis críticos, compara as concentrações de nutrientes na folha com concentrações de um banco de dados, separando-as em classes de deficientes, suficientes e tóxicas (BELL *et al.*, 1995). REIS JR. (1999) revisando o assunto, descreve que, a despeito do amplo uso dos níveis críticos (ELWALI *et al.*, 1985), o critério apresenta limitações, visto que a correta interpretação das concentrações foliares apenas pode ser obtida quando a amostragem está restrita ao mesmo estágio de crescimento da planta, no qual os valores de referência foram estabelecidos (SUMNER, 1979; ELWALI & GASCHO, 1984; ELWALI *et al.*, 1985; WALWORTH & SUMNER, 1987; DARA *et al.*, 1992), pois sabe-se que as concentrações de diversos elementos variam em função da idade (SUMNER, 1979; MELDAL - JOHNSEN & SUMNER, 1980; WALWORTH & SUMNER, 1987) e do órgão vegetal amostrado. Dessa forma, a menos que a amostra seja retirada na época e na parte da planta corretas, o uso do nível crítico pode tornar-se inadequado ou insuficiente para a diagnose do estado nutricional (SUMNER, 1979). A resolução deste problema requer que se disponha de vários bancos de dados de nível crítico para diferentes estádios de crescimento (MELDAL - JOHNSEN & SUMNER, 1980) e órgãos da planta amostrados.

As concentrações críticas de nutrientes em folhas de mangueira em diferentes partes do mundo têm sido apresentadas por diversos autores (Smith & Scudder, 1951; Kumar & Nauriyal, 1977; Biswas *et al.*, 1987; Bhargava & Chadha, 1988, citados por SAMRA e ARORA, 1997).

Faixas de Suficiência

Como alternativa tem sido sugerido o uso de faixas de suficiência para contornar os problemas gerados com o uso do nível crítico (SUMNER, 1979). Tem-se observado que para a maioria das culturas, de um modo geral não existe um determinado ponto de ótima produtividade, mas sim uma certa faixa, visto que o aumento da produção obtida com doses crescentes de nutrientes é

sempre associado a um erro. Assim, é adequado se recomendar níveis de adubação suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência (BATAGLIA *et al.*, 1992). A diagnose química foliar mediante o uso das faixas de suficiência (Young e Koo, 1969; Wolfe *et al.*, 1979, citados por SILVA, 1997; QUAGGIO, 1996; JONES JR. *et al.*, 1991; MALAVOLTA, 1992; HIROCE, 1983; REUTER e ROBINSON, 1986; TOMLINSOM e SMITH, 1998), é de certa forma menos afetada por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta do que por meio do nível crítico, uma vez que os limites das faixas de suficiência são maiores (BATAGLIA *et al.*, 1992). Entretanto, SUMNER (1979), afirma que apesar de as faixas de suficiência terem sido criadas para dar mais flexibilidade à diagnose, elas reduzem a exatidão do diagnóstico, uma vez que os limites são amplos.

Na região do Submédio São Francisco tem-se tomado como base nas interpretações e diagnósticos, os teores foliares apresentados por QUAGGIO (1996), resultantes de compilações de dados de vários autores em diferentes partes do mundo (Quadro 4).

Quadro 4. Faixas de teores de nutrientes em folhas de mangueira utilizadas na Região do Submédio São Francisco

Nutriente	Deficiente	Adequado	Excessivo
N (g kg ⁻¹)	< 8,0	12,0 a 14,0	> 16,0
P (g kg ⁻¹)	< 0,5	0,8 a 1,6	> 2,5
K (g kg ⁻¹)	< 2,5	5,0 a 10,0	> 12,0
Ca (g kg ⁻¹)	< 15,0*	20,0 a 35,0**	> 50,0
Mg (g kg ⁻¹)	< 1,0	2,5 a 5,0	> 8,0
S (g kg ⁻¹)	< 0,5	0,8 a 1,8	> 2,5
Fe (mg kg ⁻¹)	< 15	50 a 200	Nd
Mn (mg kg ⁻¹)	< 10	50 a 100	Nd
Zn (mg kg ⁻¹)	< 10	20 a 40	> 100
Cu (mg kg ⁻¹)	< 5	10 a 50	Nd
B (mg kg ⁻¹)	< 10	50 a 100	> 150
Cl (mg kg ⁻¹)	nd	100 a 900	> 1600

(*) Este teor não provoca sintomas visíveis de deficiência desse nutriente na planta, mas afeta a qualidade dos frutos. (**) Teores observados quase sempre em solos originados de substrato calcário; nd = não definido. Fonte: QUAGGIO (1996).

DRIS

Devido às limitações dos conceitos de nível crítico ou das faixas de suficiência, o DRIS foi desenvolvido para preencher as expectativas de uso preditivo da diagnose foliar. Diferente de outros métodos, o DRIS é um procedimento integrado que identifica a suficiência de cada nutriente em relação aos outros na planta, ao invés de considerar apenas a concentração crítica de cada nutriente específico (SAMRA & ARORA, 1997).

O DRIS avalia o estado nutricional das plantas considerando o equilíbrio entre nutrientes, de modo que uma lavoura nutricionalmente equilibrada pode responder com alta produtividade, o que não acontece com lavouras com problemas de deficiência ou com desequilíbrios entre nutrientes (SUMNER, 1999).

Originalmente, Beaufils, citado por SUMNER (1999), propôs o procedimento do DRIS como um meio que poderia ser usado para integrar os efeitos de diversos fatores controláveis e não controláveis - luz, temperatura, chuva, solo, cultivar, práticas culturais - que determinam a produção. A consideração de todos esses fatores é requerida a fim de tornar eficaz a diagnose em que uma apropriada recomendação de fertilizantes e de outros 'inputs' pode ser feita (Figura 2).

REIS JR. (1999), revisando o assunto, descreve o DRIS como um sistema de interpretação de resultados de análise de tecidos vegetais (PEVERILL, 1993; SUMNER, 1977; MELDAL-JOHNSEN & SUMNER, 1980; JONES JR., 1993; BAILEY *et al.*, 1997), que foi desenvolvido para fornecer uma diagnose válida e classificar os nutrientes na sua ordem de limitação ao crescimento e desenvolvimento das plantas (SUMNER, 1979).

Ao DRIS também são atribuídas as vantagens de identificar alguns casos em que a produção está limitada por desequilíbrio nutricional, mesmo quando o teor de nenhum dos nutrientes esteja abaixo de seu nível crítico (BALDOCK & SCHULTE, 1996); apresentar custo economicamente viável; permitir a determinação simultânea de níveis de suficiência dos nutrientes para

diferentes produtividades, nas melhores condições de balanço nutricional, a partir de dados obtidos em plantios comerciais (SUMNER, 1999).

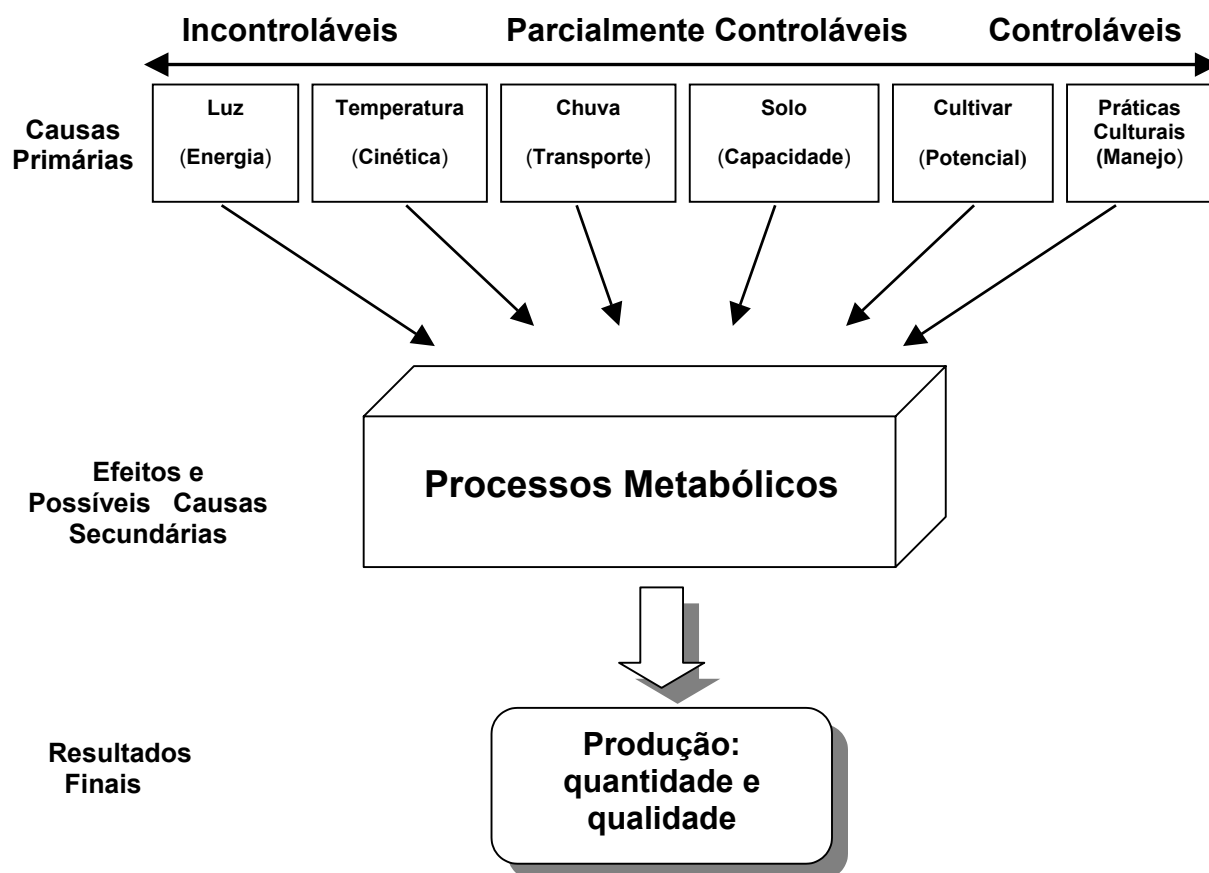


Figura 2 - Representação esquemática de interrelações entre produção das culturas e qualidade, processos metabólicos e fatores genéticos e externos (Adaptado de Beaufils, 1973, citado por SUMNER, 1999).

Algumas limitações do DRIS são: o sistema exige computação não muito simples (BALDOCK & SCHULTE, 1996); não indica a probabilidade de resposta à adição do nutriente considerado limitante (HALLMARK & BEVERLY, 1991) e a dependência entre os índices, ou seja, o teor de um nutriente pode ter um efeito marcante sobre os outros índices (BALDOCK & SCHULTE, 1996).

O DRIS baseia-se no cálculo de um índice para cada nutriente, comparando-se as relações entre um nutriente e cada um dos demais nutrientes na amostra sob diagnose com as relações envolvendo esse mesmo nutriente em uma população de alta produtividade. Conforme ALVAREZ V. & LEITE (1999) “o índice DRIS de um determinado elemento (I_A) é a média

aritmética dos quocientes do teor deste nutriente (A) com os teores dos demais nutrientes (B, C,... N) determinados na análise foliar. Estes quocientes (ou relações) ao mesmo tempo em que devem seguir distribuição normal, são reduzidos, ou seja, são transformados em variáveis normais reduzidas (z). Variáveis que são centradas e medidas com uma unidade igual ao seu desvio padrão (Vessereau, 1960, citado por ALVAREZ V. & LEITE 1999), portanto são quocientes estudentizados Logo, $I_A = z = [z(A/B) + z(A/C) + \dots + z(A/N)] / (n-1)$, onde n é o número de nutrientes determinados na análise foliar”. De acordo com BAILEY *et al.* (1997) o índice DRIS de um nutriente nada mais é do que a média dos desvios das relações contendo um determinado nutriente em relação a seus respectivos valores ótimos. Cada relação entre teores de nutrientes nas lavouras de alta produtividade permite calcular as normas DRIS que são sua média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

SCHAFFER *et al.* (1988) utilizaram o DRIS para identificar deficiências minerais associadas com declínio (desordem de etiologia desconhecida) de mangueiras Tommy Atkins, percebendo que o índice de desequilíbrio de nutrientes foi mais alto para árvores em pomares com altas percentagens de árvores em declínio do que naquelas em pomares geralmente saudáveis. As concentrações de manganês e de ferro foram mais baixas que o nível crítico em dois dos três pomares estudados, enquanto que os teores de magnésio foram geralmente mais altos em pomares com produção em declínio. Fósforo apresentou o índice DRIS mais negativo, entretanto sua concentração estava acima do valor crítico verificado num pomar com árvores em declínio. Os autores concluíram que o DRIS, quando usado junto com as faixas de suficiência, parece ser um procedimento útil, identificando deficiências nutricionais existentes em mangueiras com declínio.

RAGHUPATHI & BHARGAVA (1997) realizaram trabalho em Ratnagiri, distrito de Maharashtra, Índia, para estudar o estado da fertilidade dos solos onde se desenvolve a manga Alphonso. As normas de diagnóstico foram desenvolvidas utilizando DRIS. O DRIS também tem sido aplicado em várias culturas, como banana (RODRÍGUEZ & RODRÍGUEZ, 1997), cana-de-açúcar

(ZAMBELLO JR & ORLANDO, 1980; ELWALI & GASCHO, 1983; ELWALI & GASCHO, 1984; BEVERLY, 1991; REIS JR, 1999), batata (MELDAL - JOHNSEN & SUMNER, 1980; MACKAY *et al.*, 1987), pinus (SVENSON & KIMBERLEY, 1988), trevo branco (RODRIGUEZ e BESGA, 1989), grama Pernambuco (*Paspalum notatum*) (PAYNE *et al.*, 1990), maçã (SZÜCS *et al.*, 1990), alface (SANCHEZ *et al.*, 1991), pinheiro (RATHFON & BURGER, 1991), soja (HANSON, 1981; BEVERLY *et al.*, 1986; BEVERLY, 1991), café (ALVAREZ V. *et al.*, 2000; ARBOLEDA *et al.*, 1988; LEITE, 1993), cebola (CALDWELL *et al.*, 1994), citrus (BEVERLY *et al.*, 1984; CERDÁ *et al.*, 1995), mamoeiro (COSTA, 1995), milho (ESCANO *et al.*, 1981; ELWALI *et al.*, 1985; SOLTANPOUR *et al.*, 1995) e pastagens (*Ryegrass Swards*) (BAILEY *et al.*, 1997).

Índice DRIS negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo, enquanto que índice DRIS positivo indica que o nutriente está acima do nível ótimo (BALDOCK & SCHULTE, 1996). Se o índice DRIS de um nutriente é igual a zero, este elemento é considerado como estando em perfeito equilíbrio com os outros nutrientes (PAYNE *et al.*, 1990). Os índices dos nutrientes em uma amostra podem variar de positivos a negativos, mas o somatório desses índices deverá ser igual a zero (ELWALI & GASCHO, 1983). O somatório dos valores absolutos desses índices forma o Índice de Equilíbrio Nutricional (IEN) (BALDOCK & SCHULTE, 1996), que expressa o equilíbrio nutricional da lavoura amostrada. Quanto menor o IEN, menor será o desequilíbrio entre nutrientes (SNYDER & KRETSCHMER, 1988). O Índice de Equilíbrio Nutricional também é conhecido como “Índice de Balanço Nutricional” (IBN) (WADT, 1996).

WADT (1996) descreve que quando se obtêm índices DRIS por meio de relações envolvendo três a seis nutrientes em um único órgão da planta tem-se utilizado mais a forma direta ou a forma inversa da expressão, ainda que alguns autores sugiram o uso das duas formas de expressão (BATAGLIA & SANTOS, 1990; ALVAREZ V. & LEITE, 1992; LEITE, 1993). Acredita-se que as duas formas de expressão para um mesmo par de elementos indicam o balanço nutricional na mesma direção ou no mesmo sentido, variando apenas o grau de

estimativa do equilíbrio nutricional. A argumentação no sentido de que se use apenas uma forma de expressão é que essa apresenta maior potencialidade para discriminar entre amostras de plantas balanceadas daquelas que são desbalanceadas nutricionalmente. Conforme JONES (1981), o potencial da forma de expressão da relação em discriminar populações de alta e de baixa produtividade pode ser aferido pelo teste F e por testes de médias. Acredita-se que, provavelmente, a forma de expressão da relação de maior valor pelo teste F entre as variâncias da subpopulação de referência e a da subpopulação de baixa produtividade, seja a de maior potencial discriminatório.

Conforme WADT (1996), quando o número de nutrientes envolvidos aumenta, pode-se tornar vantajoso o uso do teste F e o de médias objetivando eliminar as relações indesejáveis pela sua baixa capacidade discriminatória. JONES (1981) sugeriu que, além do teste F, seja feita, também, a seleção das relações pelo teste de médias (teste t), visto que as normas podem diferir quanto ao valor médio das relações e, no entanto, possuírem variâncias estatisticamente não diferentes entre si.

Alguns autores (MALAVOLTA *et al.*, 1997; HARTZ *et al.*, 1998) recomendam usar no cálculo do DRIS aquela relação entre dois nutrientes que apresentam o maior quociente entre as variâncias das populações de baixa e alta produtividade, garantindo um maior potencial para identificar lavouras nutricionalmente desequilibradas. Entretanto, BATAGLIA & SANTOS (1990) não encontraram diferenças na ordem de limitação para N, P e K usando relações diretas e inversas entre estes nutrientes.

Sabe-se que no cálculo dos índices DRIS o teor de um nutriente pode afetar os outros índices (BALDOCK & SCHULTE, 1996). Diversos autores têm adotado que a universalidade das normas DRIS é incontestável. De acordo com MORENO *et al.* (1996), o DRIS tem sido uma técnica de diagnose de confiança para determinação de requerimento nutricional, independente de mudanças no método ou época de amostragem foliar. Segundo SNYDER & KRETSCHMER (1988) e SNYDER *et al.* (1989), para uma determinada espécie, parece existirem relações específicas entre nutrientes para o máximo desempenho da

cultura que transcendem condições locais, como solo e clima, e que são afetadas de forma mínima. PAYNE *et al.* (1990) afirmam que após o desenvolvimento das normas DRIS para uma espécie, estes parâmetros de referência podem ser usados independentemente da variedade cultivada ou condições locais, pois segundo SANCHEZ *et al.* (1991), as relações entre nutrientes usadas no DRIS ocasionalmente são menos sensíveis a diferenças causadas pelos efeitos da posição da folha, culturas e condições de clima e solo que a técnica de faixas de suficiência. O uso universal das normas DRIS tem sido, entretanto, questionado (HALLMARK & BEVERLY, 1991), já que diferenças entre normas geradas a partir de populações e locais distintos têm sido encontradas (WALWORTH *et al.*, 1986; BATAGLIA & SANTOS, 1990; DARA *et al.*, 1992; ALVAREZ V. *et al.*, 2000), demonstrando que as normas DRIS não são inteiramente independentes de condições locais ou época de amostragem (JONES JR, 1993). Segundo WALWORTH & SUMNER (1987), se as normas DRIS desenvolvidas sob um conjunto de condições forem aplicadas em outras, ou seja, usadas universalmente, a composição em nutrientes minerais dos pomares das subpopulações de alta produtividade dessas diferentes regiões geográficas e condições climáticas deve ser muito semelhante. Poucos foram os pesquisadores que compararam normas DRIS desenvolvidas em locais diferentes, como DARA *et al.* (1992), que encontraram diagnoses mais precisas quando usaram normas DRIS locais na avaliação do estado nutricional da cultura de milho. Sabe-se que a concentração de elementos móveis na folha diminui com a idade, enquanto que a concentração de elementos imóveis aumenta; logo, a relação entre um nutriente móvel e um imóvel não poderia se manter constante ao longo do tempo, derrubando uma das premissas para o uso do DRIS em qualquer época de amostragem.

Conforme os trabalhos de ELWALI & GASCHO (1984), BEVERLY (1987), RATHFON & BURGER (1991), muitas modificações do DRIS foram propostas, mas poucas foram efetivamente testadas e comparadas com o método tradicional.

Ao contrário do enfoque clássico experimental de campo para a fertilidade do solo, o enfoque do DRIS emprega uma técnica de estudo fundamentada no levantamento generalizado do cultivo, para obter uma amostra representativa da população, a partir da qual se podem desenvolver as normas. O grande número de observações feitas nos locais de amostragem pode ser considerado como componente de um grande experimento de campo, repetido no tempo e no espaço (Beaufils, citado por RODRÍGUEZ & RODRÍGUEZ, 1997).

O primeiro passo para a utilização do DRIS é a obtenção de pomares que representem a população de referência, com base num patamar de produtividade desejada, da qual se obtêm os teores foliares e produtividades respectivas, sendo essa população submetida a um teste de normalidade. Conforme BEAUFILS (1973), o método DRIS exige que uma população em estudo, da qual se deseja extrair padrões nutricionais, seja separada em duas categorias: (i) plantas não anormais (expressão original do autor), ou população de referência, que não foi afetada por condições adversas e que possuem uma produtividade superior a um nível arbitrariamente estabelecido; (ii) plantas anormais, ou população não referência, que foi afetada por condições adversas, produzindo menos que o nível definido.

O cálculo dos índices exige que as relações (quocientes) entre os teores dos nutrientes tenham sua origem numa subpopulação em que os quocientes entre nutrientes sigam distribuições normais $\eta(\mu, \sigma)$, de média μ e desvio padrão σ , ou melhor, uma distribuição normal reduzida $\eta(0,1)$ (ALVAREZ V. & LEITE, 1999).

A relação normal reduzida para um par de nutrientes z (A/B) é calculada com a fórmula de cálculo da distribuição z : $z = (Y - \mu) / \sigma$, em que Y é o quociente dos teores de nutrientes (A/B) da amostra sob análise e interpretação, que satisfaz definido nível mínimo de produtividade (ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

O coeficiente k também é outro componente empregado no cálculo do DRIS, tendo como finalidade transformar os valores de índices DRIS em números inteiros (JONES JR *et al.*, 1991). Seu valor é arbitrário, variando, em geral, de 1 a 20 (BEAUFILS, 1973).

A seguir são apresentadas algumas fórmulas utilizadas para calcular os índices DRIS:

Fórmula de JONES (1981), utilizada por BATAGLIA & SANTOS (1990) e por HALLMARK *et al.* (1989) no cálculo do M - DRIS:

$$Z(A/B) = [(A/B) - (a/b)] \cdot 10 / s \quad (1)$$

Se o CV = $(s/Y) \cdot 100$ e $Y = a/b$, então $s = (a/b) \cdot (CV / 100)$,

Substituindo-se em (1), tem-se:

$$Z(A/B) = \{[(A/B) - (a/b)] / (a/b)\} \cdot (1000 / CV) \quad (2)$$

Se $(A/B) > (a/b)$, o valor $Z(A/B)$ será positivo no cálculo com a fórmula:

$Z(A/B) = \{[(A/B) / (a/b)] - 1\} \cdot (1.000 / CV) \quad (3)$, uma das fórmulas indicadas por BEAUFILS (1973), equivalente à fórmula (1) (ALVAREZ V. & LEITE, 1999).

A fórmula $Z(A/B) = \{1 - [(B/A) / (b/a)]\} \cdot (1.000 / CV) \quad (4)$, tem sido apresentada na literatura como: $Z(B/A) = \{1 - [(b/a) / (B/A)]\} \cdot 1.000 / CV \quad (5)$.

O uso dessa fórmula não tem se mostrado conveniente, visto exagerar exponencialmente o efeito da deficiência do nutriente presente no numerador da relação, ou do excesso do nutriente no denominador da relação A/B (ALVAREZ V. e LEITE, 1999).

Pelas fórmulas (3) e (4) conclui-se que $Z(A/B) = - Z(B/A)$, podendo-se, pois, calcular o índice DRIS do nutriente A (I_A) com as relações diretas,

$$I_A = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N)] / (n - 1) \quad (6)$$

Ou com as relações inversas,

$$I_A = [- Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / (n - 1) \quad (7).$$

A partir das fórmulas (6) e (7), obtém-se,

$$I_A = [Z(A/B) + Z(A/C) + \dots + Z(A/N)] - Z(B/A) - Z(C/A) - \dots - Z(N/A)] / 2(n - 1) \quad (8)$$

Fórmula conforme ELWALI *et al.* (1985):

$$\text{Índice } X = [f(X/A) + f(X/B) + \dots - f(M/X) - f(N/X) - \dots]$$

$$\text{Onde } f(X/A) = 100 [(X/A) / (x/a) - 1] / CV \quad \text{quando } X/A > x/a + s$$

$$\text{e } f(X/A) = 100 \{[(1 - x/a) (X/A)] / CV\} \quad \text{quando } X/A < x/a - s$$

$$f(X/A) = 0 \quad \text{quando } X/A \text{ está dentro do intervalo } x/a \pm s$$

Ao se interpretar um índice DRIS para um determinado nutriente é importante que se saiba qual o valor utilizado para o coeficiente c ou k . Se, por exemplo, um índice DRIS para nitrogênio (I_N) = - 5, calculado com a fórmula (8), quando $C = 10$, $z = - 0,5$; isso significa que se está a 0,5 desvios - padrão à esquerda (região de deficiência) da norma n/p . A unidade de medida dos desvios das variáveis normais reduzidas é igual a 1 (1 desvio padrão).

Para esse exemplo, pode-se dizer que o estado nutricional do nitrogênio para a lavoura em questão está dentro dos 38,3 % da população ao redor da média. Se I_N estiver entre - 10 e + 10, a amostra estará entre os 68,3 % da população centrada, entre - 20 e + 20, estará entre 95,5 % da população.

O índice DRIS permite definir, portanto, o grau de desvio da amostra ou qual a localização em relação ao estado nutricional, se normal, se em deficiência ou em excesso, indicando a magnitude de cada situação. Isso também explica porque, nas faixas de interpretação de BEAUFILS (1973), 50 % da população estarão entre $\pm (2/3)s$ e 82 %, entre $(4/3)s$ (ALVAREZ V. & LEITE, 1999).