

composição certa quantidade de nitrogênio na forma amoniacal são mais tamponadas do que aquelas que contêm o elemento apenas na forma nítrica.

## 17. DIAGNOSE FOLIAR

Hermínia E.P. Martinez<sup>1</sup>  
Janice Guedes de Carvalho<sup>2</sup>  
Ronessa Bartolomeu de Souza<sup>3</sup>

### 17.1. Introdução

Existe uma relação bem definida entre o crescimento e a produção das culturas e, o teor dos nutrientes em seus tecidos. Essa relação caracteriza-se por uma curva em que se distinguem cinco regiões. Na primeira e na segunda, chamadas de regiões de deficiência, o aumento do suprimento de determinado nutriente, acompanhado pelo aumento de seu teor nos tecidos da planta, resulta em aumento no crescimento e produção. Na terceira região, chamada de região de adequação, o aumento do suprimento de dado nutriente e de seu teor nos tecidos da planta não é acompanhado por aumentos expressivos no crescimento ou produção. Na quarta região, chamada de região de absorção de luxo, o aumento do suprimento do nutriente e de sua concentração nos tecidos não é acompanhado por aumento no crescimento ou produção. A quinta região, ou região de toxidez, caracteriza-se por decréscimo no crescimento ou produção com o aumento do suprimento de dado nutriente e de seu teor nos tecidos (Figura 17.1). O conhecimento dos teores de nutrientes nos tecidos relacionados com cada uma dessas regiões permite que por meio de sua análise se avalie o estado nutricional das culturas.

<sup>1</sup> Professor Adjunto, Departamento de Fiteotecnia – UFV, herminia@mail.ufv.br

<sup>2</sup> Professor Titular, Departamento de Ciências do Solo – UFPA, janicegc@ufla.br

<sup>3</sup> Bolsista Recém-Doutor, FAPEMIG/EPAMIG, rbs@solos.ufv.br

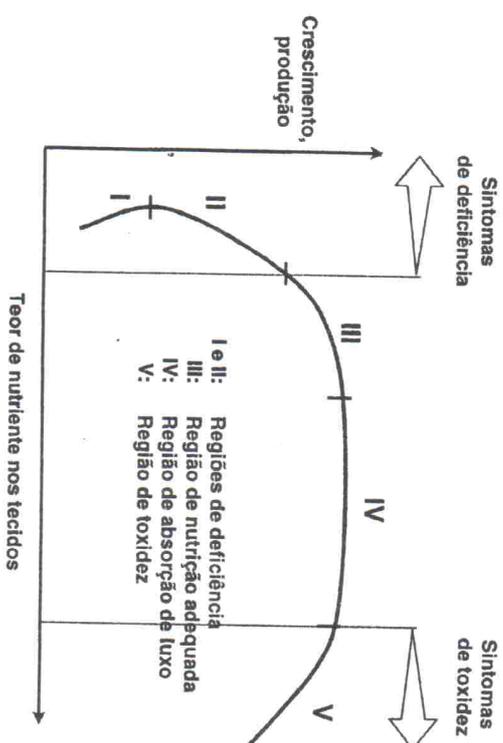


Figura 17.1. Relação entre o crescimento ou a produção e os teores de nutrientes em tecidos vegetais.

O solo é heterogêneo e nele ocorrem reações complexas, envolvendo os nutrientes adicionados pelos adubos, que, muitas vezes, embora presentes em quantidades adequadas, não estão disponíveis para a absorção pelas raízes. Os tecidos da planta, por sua vez, mostram o status nutricional da planta em dado momento, de modo que a análise dos tecidos, aliada à análise do solo, permite uma avaliação mais eficiente do estado nutricional da cultura e das necessidades de redirecionamento do programa de adubação. Com relação aos micronutrientes, o uso da análise de tecidos torna-se ainda mais importante, considerando a carência de valores de referência para interpretar seus teores no solo, e a falta de padronização dos métodos analíticos empregados em sua determinação.

A parte da planta geralmente usada para o diagnóstico do estado nutricional é a folha, por ser a sede do metabolismo e refletir bem, na sua composição, as mudanças nutricionais.

A diagnose foliar tem sido usada nas seguintes situações:

- Na avaliação do estado nutricional e da probabilidade de resposta às adubações;
- Na verificação do equilíbrio nutricional;
- Na constatação da ocorrência de deficiências ou toxidez de nutrientes;
- No acompanhamento, avaliação e ajuda no ajuste do programa de adubação;
- Na avaliação da ocorrência de salinidade elevada em áreas irrigadas ou cultivos hidropônicos.

Para que a diagnose foliar seja aplicada com sucesso, é necessário que se cumpram adequadamente três etapas. A primeira delas refere-se à normatização da amostragem, preparo das amostras e análise química do tecido. A segunda refere-se à obtenção de padrões de referência, e a terceira refere-se à interpretação dos resultados analíticos.

## 17.2. Amostragem, Preparo das Amostras e Análise do Tecido Vegetal

### 17.2.1. Coleta das amostras

À semelhança da amostragem do solo para fins de avaliação da fertilidade, a fase de amostragem do tecido vegetal é uma das mais críticas para aumentar o sucesso no uso da análise foliar. Esta prática pode ser responsável por 50 % da variabilidade dos resultados observada na análise de plantas.

A parte amostrada deve ser representativa da planta toda, e a escolha em geral recai sobre as folhas. Devido à interferência de fatores diversos sobre a composição das folhas, a amostragem deve ser realizada em talhões homogêneos, em época apropriada, retirando-se folhas de posições definidas na planta. Em geral são

suficientes 50 a 100 folhas por talhão. Para espécies herbáceas, é comum a amostragem das folhas recém-maduras completamente desenvolvidas; para as lenhosas, é comum usar folhas do terço médio do broto do ano, com posição bem definida em relação aos frutos. A posição de amostragem ideal é aquela em que ocorrem menores flutuações nas concentrações de nutrientes ao longo do ano. Para espécies perenes, utiliza-se a época de menor flutuação estacional como a mais indicada para o diagnóstico do estado nutricional.

Outros pontos relevantes devem ser mencionados, tendo em vista a necessidade de padronização dos critérios de amostragem: não se devem coletar amostras das folhas quando, nas semanas antecedentes, fez-se uso de adubação no solo ou foliar, aplicaram-se defensivos ou após períodos intensos de chuvas.

Com a finalidade de padronizar as amostragens para diagnose foliar, são apresentadas orientações no Quadro 17.1.

Embora as folhas sejam o órgão mais analisado, a diagnose por meio da análise da seiva, extraída de tecidos condutores, como por exemplo, os pecíolos, tem crescido. A análise da seiva é uma forma adequada de quantificar os nutrientes que estão sendo recebidos pela planta no momento da amostragem, podendo dar uma informação precoce e rápida sobre o potencial nutritivo do meio, o que permite ajustes e correções antes que o crescimento e a produção sejam afetados. Este tipo de análise tem sido usada em cultivos de ciclo relativamente curto e em explorações intensivas, como, por exemplo, no cultivo hidropônico de hortaliças.

A análise de flores tem sido preconizada para o diagnóstico precoce do estado nutricional de fruteiras cujas folhas se desenvolvem após a floração. Os resultados parecem promissores, embora mais pesquisas sejam necessárias.

Quadro 17.1. Parte da planta, época e quantidade de tecido necessário para análise química

Cultura	Parte Amostrada	Época	Quantidade/talhão homogêneo
Abacate	Folhas de 4 meses de idade em ramos terminais sem laterais e sem frentes, à meia altura na planta	Verão	100 folhas de 20 plantas
Abacaxi	Parte basal não clorofilada da folha mais longa (Folha D), com 45° de inserção	Florescimento	50 folhas
Abóbora	Pecíolos das folhas novas completamente expandidas. Limbo foliar das folhas novas completamente expandidas.	Início do florescimento	40 folhas
Acerola	Folhas do terço superior da copa e do terço mediano e basal dos ramos	Dezembro	50 folhas
Alface	Folhas recém-maduras	Formação da cabeça	40 folhas
Algodão	5ª folha a partir do ápice. Contar como 1ª a que estiver completamente aberta	Florescimento	30 folhas
Alho	Folha mais nova, completamente desenvolvida	Antes da formação da cabeça Durante a formação da cabeça Após a formação da cabeça	40 folhas
Amendoim	4ª folha da haste principal a partir da base	Início do florescimento	30 folhas
Arroz	Parte aérea Folhas recém-maduras	30 dias após a germinação. Maturidade	20 plantas 50 folhas
Azálea	Folhas recém-maduras	-	50 folhas
Banana	10 cm centrais da 3ª folha a partir do ápice, sem a nervura central e as metades periféricas	Emissão da inflorescência	25 folhas
Batata	Folha mais desenvolvida	Amontoa	30 folhas
Buganvília	Folhas recém-maduras	-	40 folhas

Continua...

Quadro 17.1. Continuação

Cultura	Parte Amostrada	Época	Quantidade/talhão homogêneo
Cacau	3ª folha a partir do ápice, do lançamento recém-amadurecido em plantas a meia sombra	Verão	18 folhas
Café	3º e 4º pares de folhas, a partir do ápice de ramos produtivos, em altura mediana na planta	Estádio de chumbinho	100 folhas, 4/planta
Cana-de-açúcar	Folha + 3, sendo a folha +1 a primeira com bainha visível. Coletar os 20 cm centrais sem a nervura	4 – 5 meses de idade	20 – 30 folhas
Caju	Folhas de posições diferentes na copa	Verão	40 folhas
Cebola	Folha mais alta	Meio do ciclo	40 folhas
Cenoura	Folhas com pecíolo	40 dias	40 folhas
Citrus	3ª ou 4ª folha de ramos com frutos	Fevereiro a final de março	100 folhas, 4/planta
Couve-flor	Folha recém-madura	Formação da cabeça	40 folhas
Cravo	4º e 5º pares de folhas a partir da base dos ramos 5º e 6º pares de folhas a partir do ápice nas brotações	Ramos sem botão Antes da emissão do botão	50 folhas 50 folhas
Crisântemo	Folha mais jovem totalmente expandida	-	40 folhas
Ervilha	Folha recém-madura	Pleno florescimento	40 folhas
Eucalipto	Folhas recém-maduras de ramos primários	Verão - outono	18 folhas
Espinafre	Folha recém-madura	Meio do ciclo	40 folhas
Feijão	Folhas do terço mediano	Florescimento	30 folhas
Figo	Folhas mais novas totalmente expandidas, ao sol em ramos sem frutos	Florescimento	40 folhas
Fumo	Folhas de posições diferentes na parte aérea	48 dias	30 folhas

Continua...

Quadro 17.1. Continuação

Cultura	Parte Amostrada	Época	Quantidade/talhão homogêneo
Gerânio	Folhas de diferentes posições na parte aérea	-	30 – 40 folhas
Girassol	Folhas do terço superior	Início do florescimento	30 folhas
Goiaba	Terceira a partir do ápice do broto terminal. Folhas 1 a 8 em ramos terminais	-	30 folhas
Gramíneas forrageiras	Folhas recém-maduras ou retiradas de todas as posições na parte aérea	Primavera - verão	30 folhas
Hortência	Folhas recém-maduras	-	30 folhas
Leguminosas forrageiras	Folhas retiradas de todas as posições na parte aérea	Florescimento	30 folhas
Lírio	Folhas recém-maduras	-	30 folhas
Maçã	Folhas maduras, com pecíolo, retiradas de ramos do ano em uma altura média na planta	Florescimento	100 folhas, 4/planta
Mamão	Folha F, com a primeira flor completamente expandida	Florescimento	18 folhas
Mamona	Limbo da 4ª folha a partir do ápice	Início do florescimento	30 folhas
Mandioca	Primeira folha recém-madura	3 a 4 meses de idade	30 folhas
Manga	Folhas coletadas em diferentes posições na copa	Antes da floração Plena floração e formação de frutos Maturação dos frutos	60 folhas
Maracujá Amarelo	Folhas em todas as posições	250 – 280 dias	60 folhas
Maracujá Roxo	Folhas em todas as posições	250 – 280 dias	60 folhas
Melão	Folhas completamente desenvolvidas	45 dias	40 folhas
Milho	Tomar o terço basal da folha + 4 sem a nervura central	60 dias após o plantio	30 folhas

Continua...

Quadro 17.1. Continuação

Cultura	Parte Amostrada	Época	Quantidade/talhão homogêneo
Pepino	Folhas do caule	Início da frutificação	40 folhas
Pêra	Folhas da porção mediana dos ramos do ano	2 - 3 semanas após o florescimento	100 folhas, 4/planta
Pimentão	Folhas maduras	Florescimento	40 folhas
Pêssego	Folhas recém-maduras do crescimento do ano	Verão	100 folhas, 25/planta
Pinus	Acículas recém-maduras	Verão - outono	18 plantas
Pupunha	Folíolos centrais de folhas medianas	Verão - outono	30 folhas
Repolho	Folhas recém-maduras	Formação da cabeça	40 folhas
Rosa	Folhas recém-maduras com cinco folíolos na metade superior da planta	Cálice em início de abertura	20 folhas, 2/plantas
Seringueira	Viveiro - Folhas do 2º verticilo não ramificadas Plantas adultas - Folhas recém-maduras do terço superior da copa	Verão - outono	24 folhas
Soja	3ª folha a partir do ápice na haste principal, com pecíolo	Florescimento	30 folhas
Sorgo	Folhas em posição mediana na planta	Emborrachamento	30 folhas
Tomate	Pecíolo da folha oposta ao 3º cacho Limbo foliar da folha oposta ao 3º cacho	Florescimento do 3º cacho	40 folhas
Trigo	Folhas 1 a 4 a partir do topo da planta	Início do florescimento	30 folhas
Violeta	Folha recém-madura	-	30 folhas
Uva	Folha da base do primeiro cacho	Final do florescimento	30 - 60 folhas

### 17.2.2. Preparo e remessa da amostra ao laboratório

A fase de preparo, acondicionamento e remessa das amostras para análise também é crítica e deve ser feita com o maior cuidado. O ideal seria que a amostra chegasse ao laboratório ainda verde, no mesmo dia da coleta, acondicionada em saco plástico quando mantida e transportada a baixa temperatura, caso contrário, acondicionada em sacos de papel. No laboratório, as folhas deverão ser lavadas com água destilada e, em seguida, postas a secar em papel-toalha, sendo posteriormente acondicionadas em sacos de papel, onde serão submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até atingirem peso constante. O material vegetal coletado, se estiver contaminado com terra ou poeira, deve ser lavado sob jato de água de torneira, com o auxílio de um pedaço de algodão para remover a sujeira, após isso, continuar a lavagem do material vegetal por imersão em solução de HCl 0,1 mol/L e de "Tween" a 1 g/L por até 3 min, a seguir, deve ser enxaguado com água destilada por até 5 min, escorrido, colocado a secar sobre papel-toalha e, posteriormente, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa de circulação forçada de ar. Na impossibilidade desse procedimento, é aconselhável que as folhas sejam lavadas com água corrente e enxaguadas com água filtrada ou destilada, acondicionadas em sacos de papel e postas para secar ao sol.

O envio das amostras ao laboratório deve ser feito em sacos de papel reforçado. A identificação das amostras deve conter o seu número, tipo da cultura, localidade, data da coleta, nutrientes por analisar e endereço para resposta.

A amostra utilizada para análise de seiva deve representar adequadamente a parcela cujo estado nutricional se deseja avaliar, sendo necessária a tomada de subamostras, para compor a amostra a ser analisada. Em geral, são suficientes 10 mL de seiva, que poderão ser extraídos de 20 a 30 g de tecido fresco para plantas herbáceas e de 40 a 100 g de tecido fresco para plantas mais lenhosas. Essas amostras devem ser enviadas ao laboratório o mais rápido possível. No laboratório, a amostra será

limpa, o tecido condutor separado, fatiado, imerso em éter etílico e congelado à temperatura de  $-20$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Após o congelamento, a amostra poderá ser armazenada por tempo indeterminado. A extração da seiva será realizada no momento da análise, após o descongelamento e separação do éter etílico em funil de decantação.

### 17.2.3. Análise química do tecido

O material vegetal seco é submetido à moagem e mineralizado por via seca em mufla a  $450^{\circ}\text{C}$ , ou por digestão ácida. Os nutrientes são dosados nos extratos obtidos por colorimetria ou absorção atômica. No caso da análise de seiva, a mineralização pode ser dispensável, fazendo-se apenas as diluições adequadas e dosando-se os nutrientes com eletrodos seletivos, cromatografia iônica, colorimetria ou absorção atômica.

É importante que o laboratório seja confiável e possua algum sistema de acompanhamento e avaliação da qualidade. É de grande interesse que os laboratórios de determinada região, ou mesmo do País, padronizem os métodos de análises, evitando, assim, variações nos resultados inerentes aos métodos empregados.

### 17.3. Padrões de Referência ou Normas

Esses padrões podem ser obtidos de populações de plantas da mesma espécie e variedade altamente produtivas, ou de ensaios em condições controladas. É importante atentar para as condições em que foram obtidas as normas, uma vez que fatores como clima, face de exposição, tipo de solo, disponibilidade de água e nutrientes no solo, interação entre nutrientes no solo e na planta, idade da cultura, porta-enxertos, produção pendente, volume e eficiência do sistema radicular, declividade do terreno, cultivo prévio, ataque de pragas e doenças, uso de defensivos ou adubos foliares e práticas de manejo influenciam a composição mineral dos tecidos vegetais.

Na falta de padrões adequados, podem ser criados padrões para uma situação particular, empregando plantas que em dada situação edafoclimática e de manejo estejam produzindo bem.

### 17.4. Interpretação dos Resultados da Análise Foliar

A terceira fase do diagnóstico do estado nutricional por meio da análise dos tecidos é a da interpretação dos resultados. Os resultados analíticos são interpretados pela comparação com padrões ou normas, conforme o indicado no item 17.3. Como já foi salientado, o ponto crítico nessa fase é a escolha adequada das normas. A experiência dos técnicos responsáveis pelo laboratório, com dados de uma região específica, pode ser de grande valia na adoção de normas apropriadas.

Os métodos de interpretação dos resultados podem ser estáticos, quando implicam uma mera comparação entre a concentração de um elemento na amostra em teste e sua norma, ou dinâmicos, quando usam relações entre dois ou mais elementos. O nível crítico, a faixa de suficiência, fertigramas e o desvio percentual do ótimo (DOP) são exemplos do primeiro caso, e o sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) do segundo.

#### 17.4.1. Nível crítico e faixa de suficiência

Ao teor de definido nutriente, em determinada parte da planta, que se associa a 90 % da produtividade ou crescimento máximos denomina-se nível crítico. O método do nível crítico compara a concentração de determinado nutriente na amostra em teste com o valor aceito como norma. Se a amostra em teste apresentar concentração igual ou superior à da norma, considera-se que esteja bem nutrida. Se a concentração apresentada for inferior à preconizada pela norma, considera-se que a planta poderá apresentar problemas nutricionais quanto ao elemento em questão. A maior desvantagem deste método é justamente sua inabilidade de relacionar adequadamente a variação na concentração de nutrientes com base na matéria seca com a idade da planta.

No método da faixa de suficiência, que é o mais utilizado, a concentração observada na amostra em teste é comparada com faixas de concentrações consideradas insuficientes, adequadas ou tóxicas. Em relação ao nível crítico, a adoção de faixas de suficiência melhora a flexibilidade na diagnose, embora haja perda na exatidão, principalmente quando os limites das faixas são muito amplos.

A determinação dos níveis críticos ou das faixas de suficiência para os diversos nutrientes em relação às diversas culturas é uma das fases da diagnose foliar que demanda grande esforço por parte da pesquisa. Embora muito esteja por ser feito em relação a esse assunto, já existem informações sobre níveis críticos e faixas de suficiência para algumas culturas mais importantes no Brasil e que podem ser usadas como guia básico para a interpretação da diagnose da fertilidade do solo e da nutrição da planta (Quadro 17.2).

No caso de outras culturas sobre as quais não se estabeleceram, ainda, bases para a interpretação dos resultados analíticos, é preferível comparar dados de plantas aparentemente normais com os de plantas que apresentam algum sintoma de deficiência nutricional. Comparações de grande valor também podem ser obtidas coletando-se amostras em diferentes situações de nível de tecnologia adotado, por exemplo, alto, médio e baixo, estabelecendo-se padrões para a interpretação dos resultados.

#### 17.4.2. Fertigramas

Fertigramas são gráficos construídos com círculos concêntricos, com tantas divisões radiais quantos forem os elementos a serem plotados. Na interseção entre o círculo mediano e os segmentos radiais, são alocados os valores dos níveis críticos determinados previamente para a cultura em questão.

As concentrações obtidas das análises foliares de determinada lavoura são então plotadas no fertigrama, no raio correspondente, e, após a ligação dos pontos, origina-se um polígono, a partir do qual se interpreta o estado nutricional da cultura. Picos a partir do círculo de níveis críticos indicam excessos e, reentrâncias significam deficiência.

Quadro 17.2. Valores de referência para a interpretação dos resultados de análise de tecidos

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Abacate	1,60-2,00	0,12-0,25	1,50-2,00	1,50-3,00	0,40-0,80	0,20-0,30	50-100	5-15	50-200	30-500	-	30-150
Abacaxi	2,00-2,20	0,21-0,23	2,50-2,70	0,30-0,40	0,40-0,50	0,20-0,30	30-40	9-12	100-200	50-200	-	20-50
Abóbora												
Pecolo	0,18	0,56	8,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limbo foliar	4,02	0,46	2,36	1,36	0,40	0,31	-	-	-	-	-	-
Acerola												
Terço mediano dos ramos	2,84	0,16	1,29	2,22	0,79	0,15	-	2,08	48	158	-	15,2
Terço basal dos ramos	2,96	0,18	1,81	2,16	0,66	0,16	-	2,17	52	183	-	15,9
Alface	4,00	0,80	7,00	1,54	0,40	0,19	80	15	50-200	50-250	-	25-250
Algodão	3,20	0,17	1,50	2,00	0,50	0,40	50	8	70	200	-	30
Alho												
Antes da bulbificação	5,00	0,30	4,00	0,10	0,15	1,5						
Durante bulbificação	4,00	0,30	3,00	0,60	0,30	0,7						
Após bulbificação	3,00	0,30	2,00	0,60	0,30	0,3	50	25	200	100	-	75
Amendoim	4,00	0,20	1,50	2,00	0,30	0,25	140-180	-	-	110-440	0,13-1,39	-
Arroz												
30 dias após a germinação	3,00	0,12	2,00	0,60	0,30	-	30	15	-	-	-	20
Maturidade	2,26-2,62	0,14-0,16	1,18	0,66-0,85	0,40-0,41	0,49-0,70	78	23	260	90	0,3	33

Continua...

Quadro 17.2. Continuação

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Azúlea	2,30	0,29-0,50	0,8-1,6	0,22-1,60	0,17-0,50	-	17-100	6-15	50-150	30-300	-	5-60
Banana	2,60	0,22	2,80	0,60	0,30	0,20	15	8	100	88	-	20
Batata	4,50-6,00	0,29-0,50	9,3-11,5	0,76-1,00	0,10-0,12	-	25-50	7-20	50-100	30-250	-	45-250
Buganvília	2,50-4,50	0,25-0,75	3,00-5,50	1,00-2,00	0,25-0,75	0,20-0,50	25-75	8-50	50-300	50-200	-	20-200
Cacau	1,90-2,30	0,15-0,18	1,70-2,00	0,90-1,20	0,40-0,70	0,17-0,20	30-40	10-15	150-200	150-200	0,50-1,00	50-70
Café												
Geral	2,70-3,20	0,15-0,20	1,90-2,40	1,00-1,40	0,31-0,36	0,15-0,20	59-80	8-16	90-180	120-210	0,15-0,20	8-16
Sul de Minas	2,88-3,22	0,12-0,16	2,10-3,02	0,88-1,26	0,29-0,51	0,14-0,22	41-65	14-26	81-124	89-182	-	6-24
Manhuaçu	3,38-3,94	0,18-0,22	2,25-2,61	0,76-0,90	0,32-0,38	0,09-0,13	61-72	14-19	53-84	50-187	-	10-15
Viçosa	2,64-3,08	0,22-0,26	2,18-2,84	1,21-1,45	0,34-0,58	0,10-0,12	28-52	12-29	62-88	94-313	-	6-12
Patrocínio	2,84-3,16	0,11-0,15	2,33-3,09	1,07-1,29	0,43-0,63	0,14-0,18	44-65	26-74	86-159	60-142	-	11-30
Cana-de-açúcar	2,03-2,28	0,21-0,25	0,88-1,52	0,94-1,15	0,22-0,45	0,13-0,28	15-50	8-10	100-500	50-250	0,15-0,30	25-50
Caju												
Folhas superiores	2,58	0,20	1,29	0,24	0,23	0,11	-	-	-	-	-	-
Folhas inferiores	2,40	0,16	1,10	0,75	0,31	0,14	-	-	-	-	-	-
Cebola	4,00	0,30	4,00	0,40	0,40	0,40	0,70	-	-	-	-	-
Cenoura	3,60	0,22	6,34	1,84	0,39	0,38	-	-	-	-	-	-
Citrus	2,30-2,70	0,12-0,16	1,00-1,50	3,50-4,50	0,25-0,40	0,20-0,30	36-100	4-10	50-120	35-50	0,10-1,00	35-50
Couve-flor	2,50	0,50	2,80	2,00	0,40	0,12	60-80	8-10	120-140	45-70	0,40-0,80	35-50
Cravo	3,2-5,2	0,25-0,80	2,80-6,00	1,00-2,00	0,25-0,70	0,25-0,80	30-100	8-30	50-200	50-200	-	25-200

Continua...

Quadro 17.2. Continuação

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Crisântemo	4,50	0,30	3,50	1,00	0,30	0,20-0,50	25-75	10-50	90-300	50-300	-	15-200
Ervilha	4,50	0,30	2,00	1,50	0,30	0,50	100-110	15-20	100-120	40-50	0,60-1,00	80-200
Eucalipto	1,40-1,60	0,10-0,12	1,00-1,20	0,80-1,20	0,40-0,50	0,15-0,20	40-50	8-10	150-200	100-600	0,50-1,00	40-60
Espinafre	4,00	0,40	6,00	1,00	1,00	0,30	30-40	10-15	300-400	200-500	-	100-120
Feijão	3,00-3,50	0,40-0,70	2,70-3,50	2,50-3,50	0,30-0,60	0,15-0,20	100-150	8-10	300-500	200-300	-	45-55
Figo	2,20-2,40	0,12-0,16	1,20-1,70	2,60-3,40	0,60-0,80	-	50-80	4-8	80-160	60-100	-	11-13
Fumo	4,60	0,30	4,80	1,24	0,53	0,23	28	9	140	118	-	58
Gerânio	2,40	0,30	0,60	0,80	0,14	-	-	-	-	-	-	-
Girassol	3,30-3,50	0,40-0,70	2,00-2,40	1,70-2,20	0,90-1,10	0,50-0,70	50-70	30-50	150-200	300-600	-	70-140
Goiaba												
3º folha broto terminal	3,11	0,31	3,67	1,36	0,38	0,27	131	-	128	242	-	-
média das folhas 1-8	2,28	0,21	1,33	1,43	0,66	-	49	24	160	46	-	27
Gramíneas forrageiras												
Colonião	1,13-1,50	0,08-0,11	1,43-1,84	0,40-1,02	0,12-0,22	0,11-0,15	15-20	7-10	100-150	80-100	0,50-1,00	20-25
Jaraguá	1,28-1,47	0,06-0,11	1,08-1,65	0,23-0,46	0,15-0,23	0,13-0,18	20-25	3-5	150-200	200-300	0,11-0,15	25-30
Napier	1,80	0,12	1,50	0,37	0,20	0,70	25-30	10-15	150-200	150-200	0,50-0,75	40-50
Hortêncica	3,00-5,50	0,25-0,70	2,20-5,00	0,60-1,00	0,22-0,50	0,20-0,70	20-50	6-50	50-300	50-300	-	20-200
Leguminosas Forrageiras												
Galáctia	3,50	0,50	5,00	3,70	0,50	0,20	60-70	5-7	150-200	200-250	-	15-20
Soja Perene	3,00	1,50	3,70	2,70	0,50	0,20	40-60	8-10	150-200	100-120	0,50-0,80	30-35
Siratro	2,70	0,40	2,70	2,10	0,70	0,10	25-30	8-10	100-150	60-90	0,20-0,40	25-30
Estilosantes	2,60	0,60	3,50	2,20	0,40	0,40	70-80	4-7	600-700	90-120	-	25-30

Continua...

Quadro 17.2. Continuação

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Lírio	3,30-4,80	0,25-0,70	3,30-5,00	0,60-1,50	0,20-0,70	0,25-0,70	20-75	8-50	60-200	35-200	-	20-200
Maçã	2,50	0,20	1,50	1,20	0,30	0,25	20	10	100-200	75	0,15-0,30	30
Mamão												
Limbo	4,5-5,0	0,50-0,70	2,50-3,00	2,00-2,20	1,00	0,40-0,60	15	11	291	70	-	43
Pecíolo	1,00	0,30	2,50-3,00	1,50	0,40	-	-	-	-	-	-	-
Mamona	4,00-5,00	0,30-0,40	3,00-4,00	1,50-2,50	0,25-0,35	0,30-0,40	-	-	-	-	-	-
Mandioca	5,10-5,80	0,30-0,50	1,30-2,00	0,75-0,85	0,29-0,31	0,26-0,30	30-60	6-10	120-140	50-120	-	30-60
Manga												
Geral					0,40-0,80	0,20-0,30	30	30	70	120	-	90
Antes da floração	1,20-1,24	0,11	0,74-0,75	2,03-2,05	-	-	-	-	-	-	-	-
Plena floração e												
formação frutos	1,04-1,17	0,09-0,11	0,53-0,64	2,48-2,75	-	-	-	-	-	-	-	-
Maturação frutos	1,05-1,12	0,09-0,10	0,50-0,56	2,20-2,62	-	-	-	-	-	-	-	-
Maracujá												
Amarelo	3,60-4,60	0,20-0,30	2,40-3,20	1,70-2,80	0,21	0,44	39-47	15-16	116-233	433-604	-	26-49
Roxo	3,60-4,60	0,20-0,30	1,60-3,10	1,90-2,10	0,21	0,44	38	8-9	188-230	449-522	-	31-42
Melão	3,51	0,39	4,21	3,74	1,09	0,19	57	17	516	160	-	51
Milho	2,75-3,25	0,25-0,35	1,75-2,25	0,25-0,40	0,25-0,40	0,10-0,20	4-20	6-20	20-250	20-150	0,20	20-70
Pepino	4,72	0,47	3,39	4,66	0,75	0,17	54	8-20	668	100-300	0,50	43
Pimentão	3,07	0,23	5,78	2,54	0,78	0,35	-	-	-	-	-	-
Pêra	2,30-2,70	0,14-0,20	1,20-2,00	1,40-2,10	0,30-0,50	0,17-0,26	20-40	9-20	60-200	60-120	-	30-40
Pêssego	2,60-3,50	0,20-0,30	2,50-3,00	1,50-2,50	0,30-0,50	0,20-0,30	40-60	-	-	100-150	-	30-40

Continua...

Quadro 17.2. Continuação

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Pinus	1,30	0,20	1,0	-	0,20	0,20	60	5	100	200	-	-
Pupunha	3,50	0,20	1,10	0,40	0,30	0,20	30	9	126	142	-	23
Repolho	4,39	0,42	2,70	0,75	0,24	0,53	-	15-20	80-100	48	-	40
Rosa	3,00-3,50	0,25-0,50	1,50-3,00	1,00-2,00	0,25-0,50	0,25-0,70	30-60	7-25	60-200	30-200	0,10-0,90	18-100
Seringueira												
Viveiro	3,07-3,35	0,12-0,18	0,61-0,93	0,87-1,00	0,35-0,39	-	-	17-30	165-191	226-250	-	34-55
Adulto	2,60-3,50	0,16-0,23	1,00-1,40	0,76-0,82	0,17-0,24	0,18-0,26	20-70	10-15	70-90	15-40	1,5-2,0	20-30
Soja	4,50	0,25	1,70	1,00	0,40	0,25	20	10	50	20	-	20
Sorgo	2,31-2,90	0,44	1,30-3,00	0,21-0,86	0,26-0,38	0,16-0,60	-	10-30	68-84	34-72	-	12-22
Tomate												
Pecíolo	2,64	0,59	9,18	2,74	0,49	-	-	41	66	103	-	134
Limbo foliar	4,59	0,56	5,72	4,40	0,50	-	-	40	268	290	-	37
Trigo	3,00-3,30	0,20-0,30	2,30-2,50	1,40	0,40	0,40	20	9-18	-	16-28	1-5	20-40
Violeta	3,00-6,00	0,30-0,70	3,00-6,50	1,00-2,00	0,25-0,50	0,25-0,70	25-75	8-35	50-200	40-200	-	25-100
Uva	2,50	0,20	1,50	0,40	0,40	-	100	15	-	40-100	-	25-40

A utilização de fertígramas permite a análise visual da adequação das concentrações de cada nutriente em particular e a análise do estado nutricional da lavoura como um todo, tomando por base os níveis críticos preestabelecidos. A visualização por meio de diagramas é útil, principalmente onde ocorrem problemas nutricionais agudos, tanto por deficiências quanto por excessos. Neste caso, é possível inferir de imediato a respeito da principal ou principais limitações nutricionais de determinada lavoura. Como exemplo, a Figura 17.2 apresenta os fertígramas construídos para cinco lavouras cafeeiras com produtividades diferentes das regiões de Patrocínio e de Manhuaçu. A relação entre equilíbrio nutricional e produtividade é evidente.

### 17.4.3. Desvio percentual do ótimo - DOP

Esse método proposto por MONTAÑÉZ et al. (1993)<sup>1/</sup> permite conhecer o percentual de desvio da concentração de um nutriente qualquer em relação à norma, e a ordem de limitação nutricional em determinada amostra. É de fácil aplicação e interpretação. Uma vez obtido o resultado da análise química das plantas, calculam-se os índices DOP, para cada nutriente analisado, de acordo com a seguinte expressão:

$$DOP = [(C \times 100) / C_{ref}] - 100$$

em que:

C = Concentração do nutriente na amostra

$C_{ref}$  = Concentração do nutriente preconizada pela norma para as mesmas condições de amostragem.

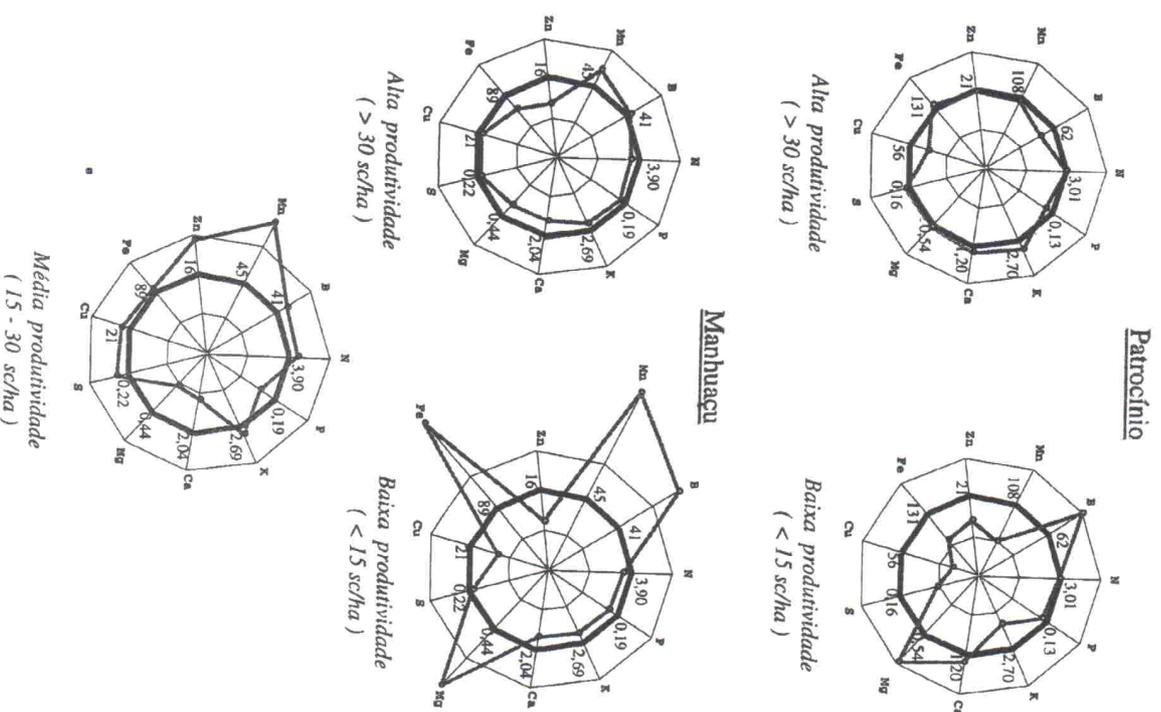


Figura 17.2. Fertígrama representativo do equilíbrio nutricional em lavouras cafeeiras de alta, média e de baixa produtividade das regiões de Patrocínio e de Manhuaçu. Média de dois anos consecutivos.

<sup>1/</sup> MONTAÑÉZ, L.; HERAS, L.; ABADÍA, J. & SANZ, M. Plant analysis interpretation based on a new index: Deviation from Optimum Percentage (DOP). J. Plant Nutr., 16(7):1289-1308, 1993.

Um índice negativo indica deficiência e um índice positivo, excesso. Índice DOP igual a zero indica que o nutriente se encontra em concentração ótima. Quanto maior o valor absoluto do índice, maior a severidade da carência ou do excesso. O somatório dos valores absolutos dos índices DOP calculados para todos os nutrientes analisados representa um índice de balanço nutricional e permite comparar o estado nutricional de lavouras distintas entre si, sendo maior o desequilíbrio naquelas em que o somatório se apresentar maior.

#### 17.4.4. Índices balanceados de Kenworthy

Da mesma forma que a técnica de diagnóstico por meio do desvio percentual do ótimo, os índices balanceados de Kenworthy, propostos por KENWORTHY (1961)<sup>2/</sup>, permitem avaliar o estado nutricional como percentagem da concentração de determinado nutriente em relação à norma. A vantagem dos índices balanceados de Kenworthy em relação aos índices DOP é que, na obtenção desses índices, são considerados os coeficientes de variação observados para cada um dos nutrientes na população de onde se obteve a norma. Quando a concentração de dado nutriente na amostra em teste for menor que a concentração desse nutriente na norma, a influência da variabilidade é adicionada. Quando essa concentração estiver acima da concentração da norma, a influência da variabilidade é subtraída, obtendo-se, assim, índices balanceados. Para o cálculo dos índices, consideram-se então duas situações:

$$a) Y_i > \bar{Y}$$

$$I = (P-100) CV/100$$

$$B = P-I$$

$$b) Y_i < \bar{Y}$$

$$I = (100-P) CV/100$$

$$B = P + I$$

<sup>2/</sup> KENWORTHY, A.L. Interpreting the balance of nutriente-elements in leaves of fruit trees. In: REUTHER, W. Plant analysis and fertilizers problems. Washington, American Institute of Biological Science, 1961. p.28-43.

em que:

$Y_i$  = Concentração do nutriente na amostra em teste

$\bar{Y}$  = Teor padrão, norma

$P$  =  $Y_i$  em percentagem de  $\bar{Y}$  ( $100 Y_i / \bar{Y}$ )

CV = Coeficiente de variação

I = Influência da variação

B = Índice balanceado de Kenworthy, em percentagem

Os resultados obtidos são então interpretados da seguinte maneira:

- |                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| 1) faixa de deficiência              | 17 a 50 %   |
| 2) faixa marginal (abaixo do normal) | 50 a 83 %   |
| 3) faixa adequada (normal)           | 83 a 117 %  |
| 4) faixa elevada (acima do normal)   | 117 a 150 % |
| 5) faixa de excesso                  | 150 a 183 % |

#### 17.4.5. Sistema integrado de diagnose e recomendação - DRIS

O método DRIS, preconizado por BEAUFILS (1973)<sup>3/</sup>, baseia-se no cálculo de índices para cada nutriente, considerando sua relação com os demais. Envolve a comparação das razões de cada par de nutrientes encontrados em determinado tecido de interesse, com as razões médias correspondentes às normas, preestabelecidas a partir de uma população de referência. Essas relações experimentam menores variações com a idade da planta do que os níveis críticos ou as faixas de suficiência.

<sup>3/</sup> BEAUFILS, E.R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa. 1973, 132p. (Soil Science Bulletin, 1)

Inicialmente, calculam-se as normas, ou seja a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação das relações entre nutrientes, dois a dois, para a população de referência (a de alta produtividade). Em seguida, fazem-se comparações entre as razões dos nutrientes na amostra a ser diagnosticada com as razões (normas) da população de referência.

O DRIS permite conhecer a ordem de limitação dos nutrientes em determinada lavoura, avaliando a adequação das relações entre nutrientes; contudo, não permite o cálculo da quantidade de nutrientes que deve ser aplicada, informando apenas a ordem de limitação e se essa limitação ocorre por carência ou por excesso. Uma vez realizado o suprimento do nutriente mais limitante, não significa que o segundo elemento passará a maior limitação, pois as relações podem ser alteradas.

Os índices DRIS podem assumir valores negativos quando ocorre deficiência do elemento considerado em relação aos demais. Valores positivos, por outro lado, indicam excesso, e quanto mais próximo de zero estiverem, mais próxima estará a planta do equilíbrio nutricional para o elemento em estudo, permitindo a classificação dos elementos em ordem de importância na produção e fornecendo ao mesmo tempo, uma indicação da intensidade de exigência de determinado elemento pela planta. A soma dos índices de DRIS, desconsiderado o sinal positivo ou negativo, dividido pelo número de nutrientes, fornece o "Índice de Balanço Nutricional médio" ( $IBN_m$ ), que permite comparar o equilíbrio nutricional de diversas lavouras entre si. A título de exemplo, são apresentados no Quadro 17.3 os índices de DRIS de seis lavouras de café com produtividades médias diferentes das regiões de Patrocínio e Manhuaçu. A relação entre estado nutricional e produtividade é clara. A lavoura de número 28, da região de Patrocínio, apresenta um  $IBN_m$  de 4,3, indicando bom equilíbrio nutricional, sua produtividade média, no entanto, está na faixa de 15 a 30 sc/ha de café beneficiado. Nesse caso, limitações de outra ordem devem estar associadas à produtividade da cultura.

Quadro 17.3. Índice DRIS e índice de balanço nutricional médio ( $IBN_m$ ) para algumas lavouras de café das regiões de Patrocínio e Manhuaçu (Cálculos efetuados com a média de dois anos - 1996/97 e 1997/98)

Lavoura	Nº	Produção	Índices DRIS										$IBN_m$
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	
<b>Patrocínio</b>													
19	Alta	-1	-3	4	5	3	4	-3	0	-1	-1	-8	3,0
28	Média	-6	4	0	-5	-2	-5	0	0	10	-6	9	4,3
10	Baixa	5	7	-11	14	23	-14	-15	-11	5	-13	20	12,5
<b>Manhuaçu</b>													
22	Alta	-3	0	0	-7	-5	4	3	-1	-7	9	6	4,1
29	Média	7	-14	8	-25	-25	10	3	3	9	17	7	11,6
12	Baixa	-15	-15	-16	-18	-10	-12	-19	17	-24	90	23	23,5

Uma das dificuldades do uso dessa técnica de diagnóstico refere-se ao fato de que os valores absolutos dos índices calculados podem variar com a fórmula de cálculo ou o número de relações binárias envolvidas, não permitindo avaliar, em cada caso, o potencial de resposta à adubação. Visando melhorar a interpretação dos resultados dos índices de DRIS, foi desenvolvido no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa o método do Potencial de Resposta à Adubação (PRA). Por este método são definidas cinco classes de probabilidade de resposta à adubação, comparando-se o índice calculado para determinado nutriente e o índice de balanço nutricional médio (IBNm). De acordo com WADT (1996)<sup>4</sup>, as cinco classes de probabilidade de resposta à adubação são definidas da seguinte maneira:

**Classe 1:** Resposta positiva (P) – Tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente, sendo o de menor valor, for, simultaneamente, maior em módulo que o IBSm. Tomando como exemplo a lavoura de número 10 do Quadro 17.3, observa-se que o IBSm é 138/11, ou seja, 12,5, e que o índice de DRIS calculado para cobre é -15, portanto mais elevado em módulo que o IBSm. A adubação com cobre tem, nesse caso, alta probabilidade de resposta.

**Classe 2:** Resposta positiva ou nula (PZ) – Tem probabilidade de ocorrer quando o índice de DRIS do nutriente, embora sendo maior, em módulo que o IBSm, não for o menor índice de DRIS. Podem-se citar como exemplos, neste caso, o enxofre e o manganês para a mesma lavoura referida acima.

**Classe 3:** Resposta nula (Z) – Tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente em módulo for inferior ou igual ao IBSm. No exemplo em questão, esse seria o caso para N, P, K, Fe e Zn.

<sup>4</sup> WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plântios de eucalipto. Universidade Federal de Viçosa, 1996, 123p. (Tese de Doutorado)

**Classe 4:** Resposta negativa ou nula (NZ) – Tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente for maior em módulo que o IBSm, porém sem ser o índice DRIS de maior valor. Para a lavoura número 10, cujos índices DRIS de nutrientes são apresentados no Quadro 17.3, essa é a expectativa para Ca e B.

**Classe 5:** Resposta negativa (N) – Tem probabilidade de ocorrer quando o índice DRIS do nutriente, sendo maior que o IBSm, também for maior que todos os índices de DRIS, como se observa para o Mg na lavoura número 10 (Quadro 17.3).

## 17.5. Outras Técnicas de Diagnóstico

### 17.5.1. Determinação de frações ativas

As técnicas de análise de tecidos com fins de diagnóstico em geral determinam os teores totais de nutrientes e não dão informação alguma sobre a atividade do elemento no tecido. A fração ativa é de grande importância para aqueles elementos que podem apresentar uma grande fração de reserva ou imobilizada, como ocorre com o ferro e outros micronutrientes metálicos. Existe dificuldade em extrair as frações efetivamente ativas dos nutrientes, de modo que não existem normas, nem métodos universalmente aceitos.

### 17.5.2. Métodos bioquímicos e enzimáticos

Baseiam-se na influência que um nutriente individual tem em um passo metabólico específico. Podem ser usados como ferramenta para o diagnóstico tanto os metabólitos como as atividades de enzimas relacionados com o nutriente. Uma das vantagens do diagnóstico metabólico é sua alta sensibilidade, já que pequena variação no conteúdo do nutriente implica uma alta variação no conteúdo do metabólito. A dificuldade em sua

aplicação vem a ser o fato de que a variação no conteúdo de determinado metabólito, ou na atividade de determinada enzima é afetada por outros fatores que não o nutriente em estudo. Além disso, não há normas, nem métodos universalmente aceitos.