

Avaliação da Fertilidade do Solo



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Diretores-Executivos

Embrapa Roraima

Antonio Carlos Centeno Cordeiro
Chefe Geral

Roberto Dantas de Medeiros
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Miguel Amador de Moura Neto
Chefe Adjunto de Administração



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

*ISSN 0101 – 9805
Dezembro, 2005*

Documentos 05

Avaliação da Fertilidade do Solo

Mirian Cristina Gomes Costa

Boa Vista, RR
2005

Exemplares desta publicação podem ser obtidos na:

Embrapa Roraima

Rod. BR-174 Km 08 - Distrito Industrial Boa Vista-RR

Caixa Postal 133.

69301-970 - Boa Vista - RR

Telefax: (095) 3626.7018

e-mail: sac@cpafrr.embrapa.br

www.cpafr.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Roberto Dantas de Medeiros

Secretário-Executivo: Amaury Burlamaqui Bendahan

Membros: Alberto Luiz Marsaro Júnior

Bernardo de Almeida Halfeld Vieira

Ramayana Menezes Braga

Aloísio Alcântara Vilarinho

Helio Tonini

Normalização Bibliográfica: Maria José Borges Padilha

Editoração Eletrônica: Vera Lúcia Alvarenga Rosendo

1ª edição

1ª impressão (2005)

COSTA, M.C.G. Avaliação da Fertilidade do Solo. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2005. 32p.(Embrapa Roraima. Documentos, 5).

1.Solo 2. Fertilidade. 3. Brasil. 4. Roraima.
I. Título. II. Série

CDD: 631.422

Autores

Mirian Cristina Gomes Costa

Doutora em Solos e Nutrição de Plantas

Pesquisadora III da Embrapa Roraima

BR 174 km 8, Distrito Industrial, Caixa Postal 133 Boa Vista - RR

Fone: 0XX95 3626-7125

e-mail: mirian@cpafrr.embrapa.br

SUMÁRIO

Introdução.....	07
Métodos de avaliação da fertilidade do solo.....	08
Diagnose visual.....	09
Diagnose foliar.....	14
Análise química de solo.....	18
Estudos de correlação.....	18
Estudos de calibração e determinação das classes de teores.....	20
Interpretação de resultados.....	20
Estado de São Paulo.....	21
Estado de Minas Gerais.....	23
Cerrado.....	26
Considerações finais.....	30
Referências bibliográficas.....	31

Avaliação da Fertilidade do Solo

Mirian Cristina Gomes Costa

Introdução

Dados da FAO (2005) indicam que, nos últimos 55 anos, a população mundial aumentou em 3,9 bilhões de pessoas. O aumento populacional faz com que cresça também a demanda por alimentos e outros produtos de origem vegetal e/ou animal. A garantia de suprimento das necessidades alimentares está fortemente ligada a fatores políticos e sociais. Entretanto, a prática sustentável da agricultura é um importante meio para viabilizar a produção eficiente de alimentos e outros produtos sem degradar os recursos naturais.

Considerando a necessidade crescente por alimentos e os riscos de danos ao meio ambiente que a prática inadequada da agricultura pode causar, surge a questão: Como produzir alimento para a população mundial que cresce a cada dia sem prejudicar o meio ambiente?

O aumento da produção agrícola pode ser obtido, principalmente, a partir da expansão das áreas cultivadas, do aumento no número de cultivos e da produtividade. Deve-se concentrar esforços na obtenção de maior número de cultivos e a máxima produtividade das culturas, favorecendo o aproveitamento mais eficiente de áreas já exploradas com agricultura, sem que seja necessário abrir novas fronteiras agrícolas.

O Brasil apresenta condições climáticas adequadas para a agricultura. Uma grande limitação está nos solos altamente intemperizados que necessitam de manejo cuidadoso da fertilidade. Particularidades edafo-climáticas são indicativos de que as recomendações de manejo são mais eficazes quando feitas de forma regionalizada. Contudo, ainda não foram realizados estudos suficientes que viabilizem recomendações específicas para todas regiões brasileiras.

Um dos desafios para viabilizar a aplicabilidade das novas tecnologias é fazer com que técnicos e produtores estejam aptos a avaliar corretamente a fertilidade dos solos

cultivados. Nesse sentido, o documento intitulado “Avaliação da Fertilidade do Solo” trata das características dos principais métodos utilizados na avaliação e das possibilidades de interpretação com base nos estudos realizados em Estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Métodos de avaliação da fertilidade do solo

A avaliação da fertilidade do solo nada mais é do que a medição dos níveis de fertilidade, realizada por meio da determinação de alguns parâmetros. Os níveis de fertilidade devem ser comparados com padrões previamente estabelecidos. Assim, a avaliação da fertilidade envolve duas etapas. A primeira é a mensuração físico-química de características e atributos do solo. A segunda etapa, bem mais difícil e complexa, é a utilização dos valores obtidos na primeira etapa, estabelecendo-se os padrões.

A avaliação de parâmetros em outras áreas de estudo apresenta, de modo geral, um significado mais específico e uniforme. Como exemplo, pode-se citar a determinação do teor de fósforo de um minério ou a determinação do teor de álcool no sangue. Essas determinações representam o teor total do elemento ou composto existente na amostra. Com relação aos parâmetros avaliados em fertilidade, as diferentes fases do solo e sua interação com as plantas e o ambiente exigem que a interpretação de resultados seja realizada com cautela.

Aspectos referentes à composição e ao complexo coloidal do solo, associados aos mecanismos de contato de nutrientes com as raízes e aos processos de absorção de nutrientes utilizados pelas plantas, fazem com que a avaliação da fertilidade do solo seja bastante particular. Dessa forma, todos profissionais que desejam utilizar a avaliação da fertilidade como ferramenta para garantir o bom desenvolvimento das plantas devem conhecer as características inerentes ao sistema solo-planta-atmosfera.

O presente documento trata das características dos principais métodos de avaliação da fertilidade do solo. Esses métodos são divididos, de acordo com sua natureza, em químicos e biológicos. Nos métodos químicos são feitas determinações utilizando-se reagentes que, após agirem no solo, resultam em extrato no qual os elementos são quantificados. Nos métodos biológicos os reagentes químicos são substituídos por plantas

ou microrganismos e as avaliações são feitas medindo-se a produção e/ou verificando-se os sintomas visuais de deficiência ou excesso. O método biológico pode ser complementado quantificando-se os nutrientes que são extraídos do solo pelas plantas. Entretanto, nesse caso, são realizadas análises com reagentes químicos que permitem quantificar nutrientes no tecido vegetal.

As vantagens e desvantagens de cada método dependem do propósito da avaliação. A escolha de um dos métodos varia de acordo com a precisão exigida e com a facilidade de execução. Entretanto, melhores resultados são obtidos a partir do momento que uma combinação de métodos é adotada. A combinação de métodos comumente utilizada para avaliar a fertilidade do solo envolve: diagnose visual, diagnose foliar e a análise do solo.

Diagnose visual

Conforme mencionado por Vitti et al. (2001), a diagnose visual baseia-se no princípio de que todas as plantas necessitam dos mesmos nutrientes. Ocorrendo deficiência de nutrientes no solo, as plantas apresentarão sintomas semelhantes, decorrentes de alterações morfológicas e fisiológicas.

Sintomas de deficiência e toxidez são característicos para cada elemento, de acordo com a função e mobilidade que apresenta na planta. A deficiência dos nutrientes considerados móveis faz com que os sintomas apareçam inicialmente nas partes mais velhas, enquanto que a deficiência dos nutrientes parcialmente móveis ou imóveis faz com que os sintomas ocorram inicialmente nas partes novas da planta.

Para que seja caracterizada deficiência nutricional, os sintomas devem ocorrer de modo generalizado na lavoura e não em reboleiras. Espera-se que os sintomas sejam simétricos na planta, ocorrendo nos quatro quadrantes. Além disso, sintomas de deficiência nutricional geralmente apresentam gradiente, surgindo primeiramente nas folhas mais velhas para as folhas mais novas ou vice-versa.

Ao constatar ocorrência de sintomas nas plantas, os critérios acima mencionados devem ser observados para diferenciar problemas nutricionais de outras anomalias, como aquelas provocadas pela incidência de pragas, doenças ou mudanças climáticas. Entretanto, Vitti et al. (2001) relatam que sintomas de toxidez por herbicidas pós-

emergentes em soja podem ocorrer de forma semelhante aos sintomas de deficiência de boro. Tais observações indicam que a diagnose visual deve ser utilizada em conjunto com o pleno conhecimento do histórico da área quanto ao manejo das plantas daninhas.

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas as descrições gerais de sintomas de deficiência e excesso de macronutrientes primários e secundários. Os sintomas visuais de deficiência e excesso de micronutrientes são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 1. Sintomas visuais causados nas plantas devido à deficiência ou excesso de macronutrientes primários.

Macronutriente	Sintomas visíveis
Nitrogênio	<i>Deficiência:</i> Amarelecimento inicial de folhas velhas, formação de ângulo agudo entre caule e folhas, dormência de gemas laterais, redução no perfilhamento, senescência precoce, folhas de menor tamanho. <i>Excesso:</i> Pode reduzir a frutificação.
Fósforo	<i>Deficiência:</i> Amarelecimento inicial de folhas velhas, pouco brilho nas folhas, folhas com coloração verde-azulada ou com manchas pardas, ângulo foliares mais estreitos, menor perfilhamento, gemas laterais dormentes, número reduzido de frutos e sementes, atraso no florescimento. <i>Excesso:</i> Não reconhecidos diretamente. O excesso pode levar à deficiência de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn).
Potássio	<i>Deficiência:</i> Clorose, seguida por necrose das margens e pontas inicialmente das folhas mais velhas, encurtamento dos internódios em plantas anuais, redução na dominância apical, redução no tamanho de frutos (citrus), indução da deficiência de ferro. <i>Excesso:</i> Deficiência induzida de magnésio

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

Tabela 2. Sintomas visuais causados nas plantas devido à deficiência ou excesso de macronutrientes secundários.

Macronutriente	Sintomas visíveis
Cálcio	<p><i>Deficiência:</i> Amarelecimento de uma região limitada da margem das folhas mais novas, crescimento não uniforme da folha, murchamento e morte das gemas terminais, dormência das gemas laterais, deformação de tubérculos acompanhada de desintegração interna, manchas necróticas internervais, murchamento das folhas e colapso do pecíolo, excesso de mucilagem nas extremidades de raízes, engrossamento de pêlos radiculares, interrupção do crescimento apical radicular, redução da frutificação ou produção de frutos anormais (podridões), baixa produção de sementes (cereais), redução da nodulação em leguminosas.</p> <p><i>Excesso:</i> Não conhecidos. Pode causar deficiência de cálcio e magnésio.</p>
Magnésio	<p><i>Deficiência:</i> Clorose foliar iniciando-se e sendo mais severa em folhas mais velhas, clorose internerval que pode ser seguida por necrose (cafeeiro) ou seguida pelo desenvolvimento de cor alaranjada, avermelhada (algodoeiro) ou roxa.</p> <p><i>Excesso:</i> Não identificados. Possível deficiência de potássio e cálcio.</p>
Enxofre	<p><i>Deficiência:</i> Clorose das folhas mais novas, desenvolvimento de coloração adicional (laranja, avermelhado ou arroxeadado) em determinadas espécies, formação de folhas pequenas, necrose e desfolhamento, enrolamento da margem das folhas, internódios curtos, redução no florescimento, redução na nodulação de leguminosas.</p> <p><i>Excesso:</i> Clorose internerval em algumas espécies.</p>

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

Tabela 3. Sintomas visuais causados nas plantas devido à deficiência ou excesso dos micronutrientes boro, cloro, cobre e ferro.

Micronutriente	Sintomas visíveis
Boro	<p><i>Deficiência:</i> Redução no tamanho das folhas que se tornam irregulares, grossas, quebradiças, com nervuras suberificadas e salientes; folhas com coloração avermelhada, morte do meristema apical (cafeeiro), regeneração a partir de gemas axilares resultando na formação de galhos em leque (cafeeiro), aspecto arbustivo (pinheiro), rachadura no caule (tomateiro, eucalipto), escurecimento e engrossamento de raízes que posteriormente tornam-se necróticas e ramificadas, menor florescimento, formação de frutos deformados, com lesões e cortiça na casca, má polinização.</p> <p><i>Excesso:</i> Clorose reticulada (cafeeiro), queima da extremidade das folhas.</p>
Cloro	<p><i>Deficiência:</i> Redução no tamanho de folhas, murchamento dos folíolos apicais de folhas velhas (tomateiro), clorose, bronzeamento, necrose, supressão da frutificação, encurtamento de raízes que se tornam menos ramificadas.</p> <p><i>Excesso:</i> Folhas necrosadas (pontas e margens), amareladas e queda de folhas.</p>
Cobre	<p><i>Deficiência:</i> Folhas inicialmente com coloração verde-escura localizadas em “ramos aquosos” vigorosos (laranjeira) que posteriormente tornam-se cloróticas (nas extremidades), encurvamento de folhas e nervuras tornando-se salientes (cafeeiro), ausência de perfilhamento e topo caído (cana-de-açúcar), formação de gemas múltiplas.</p> <p><i>Excesso:</i> Manchas aquosas e necróticas nas folhas, desfolhamento precoce (cafeeiro), redução no crescimento, redução na ramificação (cafeeiro).</p>
Ferro	<p><i>Deficiência:</i> Clorose das folhas novas (reticulado fino), redução no crescimento e frutificação.</p> <p><i>Excesso:</i> Manchas cloróticas nas folhas.</p>

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

Tabela 4. Sintomas visuais causados nas plantas devido à deficiência ou excesso dos micronutrientes manganês, molibdênio, zinco e excesso de alumínio.

Micronutriente	Sintomas visíveis
Manganês	<p><i>Deficiência:</i> Clorose das folhas novas (reticulado grosso), manchas pequenas e necróticas nas folhas, anomalia no formato das folhas.</p> <p><i>Excesso:</i> Deficiência induzida de ferro, manchas necróticas ao longo do tecido condutor, encarquilhamento de folhas largas, menor nodulação em leguminosas.</p>
Molibdênio	<p><i>Deficiência:</i> Clorose geral, manchas amarelo-esverdeadas ou alaranjadas seguidas por necrose em folhas mais velhas, murcha das margens e encurvamento do limbo foliar para cima (tomateiro) ou para baixo (cafeeiro).</p> <p><i>Excesso:</i> Ocorrência de glóbulos amarelados no ápice da planta (tomateiro).</p>
Zinco	<p><i>Deficiência:</i> Redução no comprimento dos internódios com a formação de “tufos” na região apical de plantas perenes ou formação de plantas anãs em culturas anuais, formação de folhas novas pequenas, estreitas e alongadas, redução na produção de sementes.</p> <p><i>Excesso:</i> Indução da deficiência de ferro.</p>
Alumínio	<p><i>Excesso:</i> Redução do crescimento radicular, formação de raízes grossas e pouco ramificadas, folhas manifestando sintomas de deficiência de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.</p>

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

Diagnose foliar

A diagnose foliar baseia-se na premissa de que existe relação significativa entre o suprimento de nutrientes e os níveis de elementos nas folhas, que estaria por sua vez relacionada com a produção. Na diagnose foliar o teor de nutrientes encontrado em um órgão da planta amostrado (geralmente a folha) é comparado com aquele encontrado no material considerado padrão, que é uma planta da mesma espécie que cresceu em condições ótimas.

A diagnose foliar é mais vantajosa que a visual. Na diagnose visual a deficiência nutricional somente é constatada quando surge o sintoma, ou seja, quando o desenvolvimento da planta já foi afetado pela ausência de determinado nutriente, possibilitando correções somente para safras futuras. Com a diagnose foliar a deficiência nutricional é constatada antes que haja manifestação do sintoma, permitindo determinar a denominada “fome oculta” do elemento.

Conforme descrito em Malavolta et al. (1997), o princípio da diagnose foliar baseia-se na análise de determinadas folhas em períodos definidos do desenvolvimento vegetal. As folhas foram escolhidas como o órgão ideal para análise porque são a sede da maioria dos processos fisiológicos e refletem melhor o estado nutricional da cultura, isto é, respondem mais às variações no suprimento de nutrientes sejam eles fornecidos exclusivamente pelo solo ou por meio da adição de fertilizantes. Assim, a diagnose foliar consiste em analisar o solo usando a planta como extrator de nutrientes.

A coleta de amostras deve ser realizada tendo em vista a idade da folha e a época de amostragem. Visando eliminar efeitos da variabilidade convém trabalhar com subamostras para compor a amostra de trabalho. Trani et al. (1983) apresentam critérios para amostragem de folhas de acordo com o estágio de desenvolvimento das culturas, parte da planta e o número de plantas a serem amostradas. Malavolta et al. (1997) apresentam, para diferentes culturas, a melhor época, o tipo de folha e o número de folhas que devem ser amostrados por hectare (Tabela 5).

Tabela 5. Amostragem para diagnose foliar de algumas culturas.

Cultura	Época	Tipo de folha	Número de folhas por hectare
Abacaxi	Verão	Folha "D" (folha recém-amadurecida, num ângulo de 45° com bordos da base paralelos, análise da folha inteira ou porção basal não clorofilada).	25
Arroz	Meio do perfilhamento	Folha Y (posição ocupada em relação à folha mais nova desenrolada acima).	50
Feijões	Início da floração	Primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo.	30
FORAGEIRA gramínea	Primavera-verão	Recém-maduras ou toda parte aérea.	30
Pupunheira	Verão-outono	Folíolos do quinto central de folha mediana, 2-3 meses antes do corte.	30
Soja	Fim do florescimento	Primeira folha amadurecida a partir da ponta do ramo, pecíolo excluído.	30
Tomateiro	Florescimento pleno ou primeiro fruto maduro	4ª folha a partir da ponta	40

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997).

Para diferentes regiões deve-se considerar variações quanto à época recomendada para amostragem. Em algumas localidades não há quatro estações definidas durante o ano, o que inviabiliza definições como “primavera” e “outono” como épocas adequadas para amostragem de folhas. Já as épocas definidas de acordo com o estágio fenológico das culturas mostram-se mais adequadas.

Distúrbios nutricionais podem surgir nas culturas em épocas diferentes daquela indicada para amostragem do material vegetal para análise. Nesse caso, recomenda-se a amostragem separada de folhas de plantas visualmente saudáveis e de plantas visualmente deficientes.

A determinação dos níveis adequados ou críticos de nutrientes nas folhas pode ser feita basicamente por duas formas. A primeira seria a partir de experimentos de campo nos quais são testadas diferentes doses de um determinado nutriente mediante fornecimento adequado dos demais. Nesse caso também existe a possibilidade de estudos com delineamentos fatoriais ou outros que permitam testar níveis de mais de um nutriente.

A segunda forma, considerada mais adequada por Malavolta et al. (1997), consiste na análise de folhas e produtividade das culturas, por um período mínimo de quatro anos, em glebas com produtividade baixa, média e alta. Com as médias ponderadas de produtividade e teor foliar de nutrientes, são estabelecidas equações de regressão a partir das quais calcula-se os teores associados com maiores produtividades. Assim, são determinados teores totais de macronutrientes (Tabela 6) e micronutrientes (Tabela 7) considerados adequados para diferentes culturas.

Tabela 6. Teores totais de macronutrientes considerados adequados para algumas culturas.

Cultura	N	P	K	Ca	Mg	S
Abacaxi	20-22	2,1-2,3	25-27	3-4	4-5	2-3
Arroz	40-48	2,5-4,0	25-35	7,5-10,0	5,0-7,0	1,5-2,0
Banana	27-36	1,8-2,7	35-54	2,5-12	3-6	2-3
Feijão Vigna	18-22	1,2-1,5	30-35	50-55	5-8	1,5-2,0
Guaraná	45-50	3,0-4,0	10-15	3,0-5,0	2,0-3,0	1,5-2,0
Mandioca	51-58	3,0-5,0	13-20	7,5-8,5	2,9-3,1	2,6-3,0
Pupunha	35	2	11	4	3	2
Soja	45-55	2,6-5,0	17-25	4-2	3-10	2,5

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

Tabela 7. Teores totais de micronutrientes considerados adequados para algumas culturas.

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Abacaxi	30-40	9-12	100-200	50-200	--	10-15
Arroz	40-70	10-20	200-300	100-150	--	25-35
Banana	10-25	6-30	80-360	200-2000	--	20-50
Feijão Vigna	150-200	5-7	700-900	400-425	0,2-0,3	40-50
Mandioca	30-60	6-10	120-140	50-120	?	30-60
Pupunha	30	9	126	142	--	23
Soja	21-55	10-30	51-350	21-100	?	21-50

Fonte: Adaptado de Malavolta et al. (1997)

O desenvolvimento de cultivares mais produtivos e com diferentes exigências do ponto de vista nutricional, bem como o plantio em regiões com diferentes características de clima e solo, trazem a necessidade de que a pesquisa seja contínua na determinação de níveis adequados e críticos de nutrientes no tecido vegetal.

Análise química de solo

Na avaliação da fertilidade do solo, a análise química surge como o método mais difundido e utilizado por apresentar as seguintes vantagens: as análises são rápidas, podem ser feitas em qualquer época do ano, apresentam custo relativamente baixo, oferecem boa precisão nas determinações, os resultados podem ser aplicados à cultura durante todo ano e permitem o levantamento regional das condições de fertilidade do solo.

Muitas são as alternativas de métodos de análise de solo, tanto na extração dos nutrientes, quanto na determinação analítica, na expressão dos resultados e na conceituação do que seriam os parâmetros adequados para interpretar a disponibilidade dos nutrientes.

Para interpretar corretamente os resultados é preciso ter bom conhecimento dos solos da região, além do sistema de cultivo e das condições climáticas. Esse conhecimento é gerado a partir de experimentação em laboratório (estudo de extratores), casa-de-vegetação (estudos de correlação para escolha de métodos) e estudos de campo (calibração da adubação).

Estudos de correlação

Nos estudos de correlação são avaliados diferentes métodos de extração de nutrientes do solo. Teoricamente, a extração em laboratório deve refletir a quantidade de nutrientes que as plantas conseguiriam absorver. Os extratores químicos empregados nos laboratórios atuam por substituição e/ou deslocamento de cátions e ânions ou dissolução seletiva de substâncias minerais e orgânicas. Já as raízes das plantas atuam por depleção da solução do solo e/ou por excreção de substâncias que tornam a rizosfera um local favorável para maior solubilidade de nutrientes.

O extrator químico mais indicado é aquele que apresenta melhor correlação entre nutriente extraído do solo vs. nutriente absorvido pela planta. Dentre os extratores químicos utilizados, destacam-se Mehlich-1, resina trocadora de íons, Bray-2, Olsen, Morgan. Os programas de análise de solo utilizados no Brasil têm adotado principalmente Mehlich-1 e a resina trocadora de íons.

O extrator Mehlich-1 foi desenvolvido em 1953 por Adolph Mehlich para a Divisão de Análise de Solo do Departamento de Agricultura da Carolina do Norte. Com o extrator, que é preparado à base de mistura entre ácido sulfúrico (0,125 M) e clorídrico (0,05 M), é possível determinar fósforo, potássio, cálcio, magnésio, zinco, manganês, cobre e boro. Existem indicativos de que o extrator é adequado para solos ácidos e com baixa CTC. Nos Estados Unidos o extrator vem sendo utilizado nos Estados do Alabama, Florida, Tennessee, Virginia, Georgia e Carolina do Sul.

No Brasil, em meados da década de 60, um programa do então Instituto de Química Agrícola do Ministério da Agricultura com a Universidade da Carolina do Norte trouxe o extrator Mehlich para o país. Entretanto, em 1983 o Instituto Agronômico de Campinas revolucionou os procedimentos de análise de solo com base em grande quantidade de experimentos, trazendo a resina trocadora de íons como extrator.

Os extratores Mehlich-1 e resina trocadora de íons apresentam vantagens e desvantagens quanto à praticidade das determinações, custos e resultados. Entretanto, um importante diferencial entre os métodos refere-se à extração de fósforo. Extratores ácidos como o Mehlich-1 retiram do solo maior quantidade de fósforo ligado a cálcio, e pequena quantidade do elemento que está ligado a ferro e alumínio (Kamprath & Watson, 1980). Solos brasileiros são ricos em óxidos de ferro e alumínio, de modo que um extrator ácido poderia subestimar o fósforo existente. Por outro lado, extratores ácidos mostram-se problemáticos em solos adubados com fosfatos naturais de baixa solubilidade. Esses fosfatos apresentam maior parte do fósforo ligado a cálcio, de modo que o extrator ácido pode superestimar valores do nutriente.

A interpretação dos resultados de teores de fósforo no solo, determinados a partir do extrator Mehlich-1, deve ser feita de forma criteriosa, conhecendo-se características do solo analisado bem como o manejo adotado quanto às práticas de correção e adubação com fósforo.

A extração de fósforo do solo pela resina trocadora de íons, inicialmente proposta por Amer et al. (1955), foi avaliada por diversos autores. A resina é um material composto por pequenas esferas porosas que apresentam estrutura matricial de cadeias de poliestireno. O processo de extração ocorre em meio aquoso no qual o solo é misturado à resina e permanece em agitação por 16 horas. O uso da mistura entre resina catiônica e aniônica

viabiliza a extração de fósforo, cálcio, magnésio e potássio. A resina tem mostrado boa correlação na extração de fósforo.

Estudos de calibração e determinação das classes de teores

Após determinar qual método é mais adequado na extração de nutrientes, é preciso estabelecer a relação entre o teor do nutriente determinado em análise e o rendimento das culturas no campo, em solos representativos da região de interesse. A calibração da análise de solo fundamenta-se na correlação entre resultados da análise e a resposta das culturas, expressa em porcentagem da produção máxima ou produção relativa.

A determinação das classes de teores de nutrientes no solo é feita de acordo com a produção relativa (%). Assim, classes de teores “muito baixa, baixa, média, alta e muito alta” seriam definidas conforme a produção relativa crescente ocorrida em função dos teores de nutrientes no solo.

Interpretação de resultados

A interpretação dos resultados de análise de solo é feita a partir de tabelas desenvolvidas por instituições de pesquisa para diversas regiões do país. Dentre os boletins de interpretação da fertilidade do solo e de recomendação de adubação destacam-se: Manual de Adubação e Calagem (Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004), Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997), Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (Ribeiro et al., 1999), além das recomendações para correção e adubação dos solos em condições de cerrado (Sousa & Lobato, 2004). Cada boletim foi elaborado de acordo com especificidades regionais, além disso, novos resultados de pesquisa conduzem a novas aproximações.

No presente documento são apresentadas tabelas de interpretação elaboradas para o Estado de São Paulo, Estado de Minas Gerais e para solos de cerrado.

Estado de São Paulo

Para o Estado de São Paulo, além da interpretação dos resultados de fósforo, potássio, magnésio e acidez do solo é apresentada interpretação para classes de resposta ao nitrogênio, teores de cálcio, enxofre, micronutrientes e aspectos da camada subsuperficial dos solos.

Considera-se que não há critério confiável para recomendação de adubação nitrogenada com base em resultados de análise de solo. A partir da experimentação foi constatado que teores de matéria orgânica não são adequados para prever a disponibilidade de nitrogênio nos solos. Entretanto, é possível adotar para diversas culturas anuais um critério de classe de resposta esperada que, associado à recomendação por produtividade esperada, resulta em recomendações mais coerentes. Em algumas culturas perenes as classes de resposta a nitrogênio são estabelecidas de acordo com teores do nutriente nas folhas.

A interpretação de classes de resposta à adubação nitrogenada utilizada no Estado de São Paulo preconiza:

Alta resposta esperada: Solos corrigidos, com muitos anos de cultivo contínuo de não leguminosas; primeiros anos de plantio direto; solos de textura arenosa mais susceptíveis às perdas por lixiviação; culturas perenes com baixos teores de nitrogênio nas folhas.

Média resposta esperada: Solos ácidos que serão corrigidos; solos que apresentaram cultivo anterior ou esporádico com leguminosas; solos em pousio por um ano; solos em que foi utilizada quantidade moderada de adubo orgânico; culturas perenes com teores médios de nitrogênio nas folhas.

Baixa resposta esperada: Solos em pousio por dois ou mais anos; cultivo após pastagem (exceto para solos arenosos); solos com cultivo anterior intenso com leguminosas ou que apresentaram adubação verde com leguminosas ou rotação de culturas com leguminosas; uso de elevadas quantidades de adubo orgânico; culturas perenes que apresentem elevados teores de nitrogênio nas folhas.

Na Tabela 8 são apresentados os limites para interpretação de potássio e fósforo. Para interpretar teores de fósforo no solo é importante saber qual extrator foi utilizado na determinação laboratorial. No Estado de São Paulo utiliza-se a resina trocadora de íons.

Resultados de pesquisa indicaram que a resina apresenta boa correlação com índices de disponibilidade de fósforo em solos, determinados com plantas.

A interpretação de teores de potássio e de outros cátions trocáveis não exige conhecimento do tipo de extrator utilizado já que os diferentes extractores conferem resultados comparáveis. No Boletim 100 preconiza-se que a fertilidade do solo, quanto ao potássio, deve ser avaliada a partir dos teores do nutriente determinados no solo e, como medida auxiliar, verifica-se a percentagem da CTC que está ocupada pelo nutriente.

Tabela 8. Limites de interpretação de teores de potássio e de fósforo em solos.

Teor	Produção relativa -----%-----	K ⁺ trocável --mmol _c dm ⁻³ --	P-resina -----mg dm ⁻³ -----			
			Florestais	Perenes	Anuais	Hortaliças
Muito baixo	0-70	0,0-0,7	0-2	0-5	0-6	0-10
Baixo	71-90	0,8-1,5	3-5	6-12	7-15	11-25
Médio	91-100	1,6-3,0	6-8	13-30	16-40	26-60
Alto	>100	3,1-6,0	9-16	31-60	41-80	61-120
Muito alto	>100	>6,0	>16	>60	>80	>120

Fonte: Adaptado de Rajj et al. (1997)

Para o magnésio também recomenda-se que sejam interpretados teores no solo e, de forma secundária, a percentagem que o nutriente ocupa na CTC. Rajj et al. (1997) mencionam estudos nos quais a relação Ca/Mg não foi limitante ao desenvolvimento das culturas mediante teores adequados desses nutrientes no solo.

Na Tabela 9 são apresentadas as faixas de interpretação para teores de cálcio, magnésio e enxofre.

Tabela 9. Limites de interpretação de teores de Ca⁺², Mg⁺² e S-SO₄²⁻ em solos.

Teor	Ca ⁺² trocável	Mg ⁺² trocável	S-SO ₄ ²⁻
	-----mmol _c dm ⁻³ -----	-----mmol _c dm ⁻³ -----	-----mg dm ⁻³ -----
Baixo	0-3	0-4	0-4
Médio	4-7	5-8	5-10
Alto	>7	>8	>10

Fonte: Rajj et al. (1997)

Na interpretação de teores de micronutrientes é importante conhecer o tipo de extrator utilizado nas análises laboratoriais. No Estado de São Paulo é feita extração de boro em água quente, enquanto que os micronutrientes zinco, ferro, cobre e manganês são extraídos com o complexante DTPA (Tabela 10).

Tabela 10. Limites de interpretação de teores de micronutrientes em solo.

Teor	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	água quente	DTPA			
-----mg dm ⁻³ -----					
Baixo	0-0,20	0-0,2	0-4	0-1,2	0-0,5
Médio	0,21-0,60	0,3-0,8	5-12	1,3-5,0	0,6-1,2
Alto	>0,60	>0,8	>12	>5,0	>1,2

Fonte: Raij et al. (1997)

Estado de Minas Gerais

Conforme apresentado na Tabela 11, no Estado de Minas Gerais a fertilidade do solo é interpretada quanto aos teores de matéria orgânica, bases trocáveis, acidez trocável, acidez potencial, soma de bases, CTC (efetiva e a pH 7), saturação por alumínio e saturação por bases (Ribeiro et al., 1999).

Tabela 11. Interpretação da fertilidade do solo para matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Carbono orgânico (C.O.) ¹	dag kg ⁻¹	≤0,4	0,41-1,16	1,17-2,32	2,33-4,06	>4,06
Matéria orgânica (M.O.)	dag kg ⁻¹	≤0,7	0,71-2,0	2,01-4,0	4,01-7,0	>7,0
Cálcio trocável (Ca ⁺²) ²	cmol _c dm ⁻³	≤0,4	0,41-1,2	1,21-2,4	2,41-4,0	>4,0
Magnésio trocável (Mg ⁺²)	cmol _c dm ⁻³	≤0,15	0,16-0,45	0,46-0,9	0,91-1,5	>1,5
Acidez trocável (Al ⁺³)	cmol _c dm ⁻³	≤0,2	0,21-0,5	0,51-1,0	1,01-2,0 ³	>2,0 ³
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	≤0,6	0,61-1,8	1,81-3,6	3,61-6,0	>6,0
Acidez potencial (H+Al)	cmol _c dm ⁻³	≤1,0	1,01-2,5	2,51-5,0	5,01-9,0 ³	>9,0 ³
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	≤0,8	0,81-2,3	2,31-4,6	4,61-8,0	>8,0
CTC pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	≤1,6	1,61-4,3	4,31-8,6	8,61-15	>15,0
Saturação por Al ⁺³ (m)	%	≤15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1- 75,0 ³	>75,0 ³
Saturação por bases (V)	%	≤20,0	21,1-40,0	40,1-60,0	61,1-80,0	>80,0

¹Método Walkley & Black; ²Método KCl 1 mol L⁻¹; ³a interpretação destas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom.

Fonte: Vitti et al. (2001)

A interpretação dos teores de fósforo é feita de acordo com o teor de argila do solo e com o fósforo remanescente (Tabela 12). Há grande influência do teor de argila do solo na interpretação, pois o extrator utilizado nas determinações laboratoriais é o Mehlich-1. Já o uso do fósforo remanescente é justificado pela capacidade de retenção de P que os solos representativos do Estado apresentam.

Tabela 12. Interpretação da disponibilidade para o fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para o potássio.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	mg dm ⁻³				
Argila (%)	Fósforo disponível (P) ¹				
60-100	≤2,7	2,8-5,4	5,5-8,0	8,1-12,0	>12,0
35-60	≤4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	>18,0
15-35	≤6,6	6,7-12,0	12,1-20,0	20,1-30,0	>30,0
0-15	≤10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	30,1-45,0	>45,0
P-rem (mg L ⁻¹) ²					
0-4	≤3,0	3,1-4,3	4,4-6,0	6,1-9,0	>9,0
4-10	≤4,0	4,1-6,0	6,1-8,3	8,4-12,5	>12,5
10-19	≤6,0	6,1-8,3	8,4-11,4	11,5-17,5	>17,5
19-30	≤8,0	8,1-11,4	11,5-15,8	15,9-24,0	>24,0
30-44	≤11,0	11,1-15,8	15,9-21,8	21,9-33,0	>33,0
44-60	≤15,0	15,1-21,8	21,9-30,0	30,1-45,0	>45,0
	Potássio disponível (K)				
	≤15,0	16-40	41-70	71-120	>120

¹Método Mehlich; ²P-rem = fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P na relação 1:10.

Fonte: Vitti et al. (2001)

Quanto ao estabelecimento de classes de teores de micronutrientes, destaca-se o uso do extrator Mehlich-1 para os micronutrientes metálicos, inviabilizando a comparação com tabelas elaboradas a partir da extração com DTPA. Para o Estado de Minas Gerais, foi elaborada interpretação para teores de ferro no solo, diferindo dos critérios estabelecidos por Sousa & Lobato (2004) para solos de cerrado (Tabela 13).

Tabela 13. Interpretação da disponibilidade de micronutrientes.

Micronutrientes	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
Zinco disponível (Zn) ¹	≤0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	>2,2
Manganês disponível (Mn) ¹	≤2	3-5	6-8	9-12	>12
Ferro disponível (Fe) ¹	≤8	9-18	19-30	31-45	>45
Cobre disponível (Cu) ¹	≤0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	>1,8
Boro disponível (B) ²	≤0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	>0,9

¹Método Mehlich 1; ²Método água quente
 Fonte: Vitti et al. (2001)

Cerrado

Sousa & Lobato (2004) apresentam aspectos da interpretação de análise de solo e da recomendação de adubação para culturas em solos representativos do cerrado brasileiro.

No que se refere ao nitrogênio, os autores mencionam a complexidade de interpretar resultados e definir a recomendação de adubação em virtude da dinâmica das transformações do nutriente no solo, bem como de sua mobilidade e dos fatores que influenciam seu aproveitamento pelas plantas. Assim, a interpretação envolve um conjunto de fatores que devem ser avaliados: potencial de resposta das diferentes culturas à adubação nitrogenada; processos de transformação e perda do nitrogênio no solo; eficiência de recuperação do nitrogênio aplicado (variável com o tipo de cultura, manejo e tipo de solo), além da estimativa de recuperação do nitrogênio aplicado.

Nas condições de cerrado é dada grande atenção à interpretação e recomendação da adubação fosfatada, devido aos baixos teores de P encontrados nos solos. A interpretação de classes de teores de P é feita com base no teor de argila do solo quando utiliza-se o Mehlich-1 como extrator nas análises laboratoriais (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistema de sequeiro com culturas anuais.

Teor de argila %	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	-----mg dm ⁻³ -----				
≤15	0-6,0	6,1-12,0	12,1-18,0	18,1-25,0	>25,0
16-35	0-5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20,0
36-60	0-3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	>12,0
>60	0-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-6,0	>6,0

Fonte: Sousa & Lobato (2004)

Tabela 15. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método Mehlich 1, de acordo com o teor de argila, para recomendação de adubação fosfatada em sistemas irrigados com culturas anuais.

Teor de argila %	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	-----mg dm ⁻³ -----				
≤15	0-12,0	12,1-18,0	18,1-25,0	25,1-40,0	>40,0
16-35	0-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-35,0	>35,0
36-60	0-5,0	5,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	>18,0
>60	0-3,0	3,1-4,0	4,1-6,0	6,1-9,0	>9,0

Fonte: Sousa & Lobato (2004).

Sousa & Lobato (2004) apresentam interpretação para teores de fósforo extraídos pelo método da resina trocadora de íons (Tabela 16).

Tabela 16. Interpretação da análise de solo para P extraído pelo método da resina trocadora de íons para recomendação de adubação fosfatada em sistemas agrícolas de sequeiro e irrigado com culturas anuais.

Sistema agrícola	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	-----mg dm ⁻³ -----				
Sequeiro	0-5	6-8	9-14	15-20	>20
Irrigado	0-8	9-14	15-20	21-35	>35

Fonte: Sousa & Lobato (2004)

A interpretação de teores de potássio em solos de cerrado é feita principalmente para a camada arável. O nutriente é extraído tanto pelo método Mehlich-1 (K-extraível) quanto pelo acetato de amônio (K-trocável). Sousa & Lobato (2004) mencionam que a porcentagem de potássio na CTC vem sendo utilizada como índice de disponibilidade do nutriente no solo, recomendando-se que, para solos de cerrado, não seja ultrapassado o limite de 3%. Entretanto, os autores também ressaltam as observações feitas por Raij (1991) de que o K-trocável é o melhor índice de disponibilidade do nutriente para as plantas.

A tabela desenvolvida para interpretar teores de potássio em solos de cerrado apresenta a CTC como um importante fator. Solos com CTC inferior a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ apresentam elevado potencial de perda de potássio, enquanto que solos com CTC maior que $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são menos susceptíveis a perdas por lixiviação (Tabela 17).

Tabela 17. Interpretação da análise do solo e recomendação de adubação corretiva de K para culturas anuais conforme a disponibilidade do nutriente em solos de cerrado.

Interpretação	Teor de K	
	CTC pH 7 < $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	CTC pH 7 > $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
	-----mg kg ⁻¹ -----	
Baixo	≤15	≤25
Médio	16-30	26-50
Adequado	31-40	51-80
Alto	>40	>80

Adaptado de Sousa & Lobato (2004)

Sousa & Lobato (2004) apresentam tabela de interpretação para teores de cálcio e magnésio na camada de 0-20 cm de solos de cerrado (Tabela 18). Para a profundidade abaixo de 20 cm, é apresentada interpretação para teores de cálcio que, juntamente com a saturação por alumínio, atua na avaliação da fertilidade do solo em subsuperfície.

Tabela 18. Interpretação dos resultados da análise de Ca e Mg em amostras de solos do cerrado da camada de 0-20 cm.

Interpretação	Ca	Mg
	-----cmol _c dm ⁻³ -----	
Baixo	<1,5	<0,5
Adequado	1,5-7,0	0,5-2,0
Alto	>7,0	>2,0

Obs.: As relações Ca:Mg devem estar no intervalo de 1:1 a 10:1, respeitando-se o teor mínimo de 0,5 cmol_c dm⁻³ para o Mg. A relação Ca:Mg pode ser interpretada como: estreita (<2), adequada (2 a 10) e alta (>10), respeitando-se o teor mínimo de 0,5 cmol_c dm⁻³ para o Mg.

Fonte: Sousa & Lobato (2004)

A localização distante de pólos industriais não favorece o fornecimento de enxofre às plantas cultivadas nos solos de cerrado. Além disso, a freqüente ocorrência de queimadas contribui para o empobrecimento dos níveis naturais do nutriente nesses solos. Apesar do nutriente apresentar dinâmica de transformações no solo bastante semelhante ao nitrogênio, é possível determinar classes de teores para avaliação da fertilidade, principalmente devido ao acúmulo de enxofre nas camadas mais profundas do solo. Sousa & Lobato (2004) apresentam a primeira aproximação de interpretação da análise de S em solos de cerrado (Tabela 19).

Tabela 19. Interpretação da análise de enxofre nos solos de cerrado, considerando-se o teor médio na camada de 0-40 cm de profundidade.

Interpretação	Teor médio de S (0-40 cm) ¹
	-----mg dm ⁻³ -----
Baixa	≤4
Média	5-9
Alta	≥10

¹[(teor na camada 0-20 cm + teor na camada 20-40 cm)/2]; S extraído com Ca(H₂PO₄)₂

0,01 mol L⁻¹ em água (relação solo:solução extratora de 1:2,5).

Fonte: Sousa & Lobato (2004)

A limitada reserva natural de micronutrientes, aliada ao elevado potencial produtivo das culturas e ao uso crescente de fertilizantes concentrados que apresentam pequena quantidade de nutrientes como “contaminantes”, reforçam a importância de avaliar a disponibilidade de micronutrientes em solos de cerrado.

Na Tabela 20 é apresentada a interpretação para teores de boro, cobre, manganês e zinco. Sousa & Lobato (2004) mencionam que, após análise de teores de ferro em grande número de amostras de solo do cerrado, foi constatado que maior parte dos solos apresentam teores do micronutriente entre 25 e 40 mg dm⁻³, não havendo sugestão de nível crítico.

Tabela 20. Interpretação de resultados de análise de micronutrientes em solos de cerrado.

Teor	B Água quente	Cu -----Mehlich 1 ¹ -----	Mn -----Mehlich 1 ¹ -----	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----			
Baixo	0-0,2	0-0,4	0-1,9	0-1,0
Médio	0,3-0,5	0,5-0,8	2,0-5,0	1,1-1,6
Alto	>0,5	>0,8	>5,0	>1,6

¹Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), na relação solo: solução 1:10 e com cinco minutos de agitação.

Caso as extrações de cobre, manganês e zinco sejam feitas com o complexante DTPA, é possível utilizar os valores de interpretação apresentados por Raij et al. (1997).

Considerações finais

Técnicos e produtores devem atentar para os resultados gerados pela pesquisa em fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, pois, a partir da experimentação estabelece-se critério visual de deficiência e toxidez, níveis adequados de nutrientes no tecido vegetal, bem como as classes de teores de nutrientes no solo.

As diferenças regionais edafo-climáticas e o aumento no potencial genético das espécies cultivadas podem fazer com que os critérios utilizados na avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas sejam alterados. Isso traz a necessidade constante de pesquisa regionalizada e de atualização por parte dos profissionais que utilizarão a avaliação da fertilidade do solo como alicerce para recomendação de práticas corretivas e de adubação.

Referências Bibliográficas

AMER, F.; BOULDEN, D.R.; BLACK, C.A.; DUKE, E.R. Characterization of soil phosphorus anion exchange resin adsorption and P-equilibration. **Plant and Soil**, The Hage, v. 6, p. 391-408, 1955.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

FAOSTAT data. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/faostat> > Acesso em: 11 nov. 2005 last update 02mar2005.

KAMPRATH, E.J & WATSON, M.E. Conventional soil and tissue testing for assessing the phosphorus status of soils. In: SYMPOSIUM ON ROLE OF PHOSPHORUS IN AGRICULTURE, 1976. Tennessee Valley. **Proceedings**. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 433-469.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Boletim Técnico nº 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285 p.

RAIJ, B.van **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aprox. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 18 p.

VITTI, G.C.; TREVISAN, W.; BARBOSA TEIXEIRA, L.H.; BARROS Jr., M.C. **Nutrição e adubação da soja**. Piracicaba: ESALQ-LSN / FEALQ / GAPE / IAP, 2001. 55 p.

Embrapa

Roraima

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

