

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 11**

## Diagnóstico Nutricional de Soja no Sul de Mato Grosso do Sul

Shizuo Maeda  
Pedro Ronzelli Júnior  
Luiz Antonio Correa Lucchesi

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

*Embrapa Agropecuária Oeste*

BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó

Caixa Postal 661

79804-970 Dourados, MS

Fone: (67) 425-5122

Fax: (67) 425-0811

www.cpa0.embrapa.br

E-mail: sac@cpao.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Fernando Mendes Lamas*

Secretário-Executivo: *Mário Artemio Urchei*

Membros: *Clarice Zanoni Fontes, Crébio José Ávila, Eli de Lourdes Vasconcelos,*

*Fábio Martins Mercante, Gessi Ceccon e Guilherme Lafourcade Asmus*

Membro "Ad hoc": *Luiz Alberto Staut*

Supervisor editorial: *Clarice Zanoni Fontes*

Revisor de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Foto da capa: *Armindo Kichel (Embrapa Gado de Corte)*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

1ª edição

1ª impressão (2002): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.  
Embrapa Agropecuária Oeste.

---

Maeda, Shizuo

Diagnóstico nutricional de soja no Sul de Mato Grosso do Sul / Shizuo

Maeda, Pedro Ronzelli Júnior, Luiz Antonio Correa Lucchesi. Dourados:

Embrapa Agropecuária Oeste, 2002.

23 p. ; 21 cm (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456; 11).

1. Soja - Nutrição mineral - Brasil - Mato Grosso do Sul. 2. Nutrição mineral - Soja - Brasil - Mato Grosso do Sul. I. Ronzelli Júnior, Pedro. II. Lucchesi, Luiz Antonio Correa. III. Embrapa Agropecuária Oeste. IV. Título. V. Série.

# Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	20
Referências Bibliográficas.....	21



# Diagnóstico Nutricional de Soja no Sul de Mato Grosso do Sul<sup>1</sup>

---

*Shizuo Maeda<sup>2</sup>*

*Pedro Ronzelli Júnior<sup>3</sup>*

*Luiz Antonio Correa Lucchesi<sup>4</sup>*

## Resumo

A expressão do potencial de desenvolvimento e de rendimento de uma planta depende, dentre os fatores de produção, do ambiente, de adequada disponibilidade de nutrientes em quantidade e no momento que for necessário. Caso o solo não forneça quantidade suficiente dos mesmos, faz-se necessária a aplicação dos nutrientes em deficiência de forma a suplementar o fornecimento do solo. A quantidade de nutrientes a ser fornecida baseia-se no conhecimento das necessidades nutricionais da cultura e na capacidade de fornecimento desses pelo solo. A análise química do solo é a ferramenta mais utilizada para diagnóstico e recomendação de intervenção no processo de produção, como a aplicação de corretivos da acidez do solo e de fertilizantes. Com o objetivo de avaliar o estado nutricional de soja no Sul de Mato Grosso do Sul, 87 amostras de solo e grãos foram coletadas nas entrelinhas de lavouras comerciais, da variedade CD 202, na safra 2000/01, durante os estádios V<sub>1</sub> a V<sub>4</sub>, nas profundidades 0-20 e 20-40 cm. Os resultados mostraram que: a) os nutrientes

---

<sup>1</sup>Parte do trabalho de Tese de Doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., Dr., *Embrapa Agropecuária Oeste*, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: maeda@cpao.embrapa.br

<sup>3</sup>Eng. Agrôn., Dr., Professor Adjunto IV do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários 1540, Cabral, 80035-050 Curitiba, PR. E-mail: agroproj@ufpr.br

<sup>4</sup>Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná.

mais limitantes foram Zn, K e P, respectivamente em 18,5, 12,6 e 10,3 % das lavouras amostradas; e b) concentrações elevadas de Al e baixas de Ca, nas camadas subsuperficiais do solo, foram limitações químicas em 16% das lavouras amostradas.

Palavras-chave: *Glycine max*, fertilidade, nutrição mineral

# Diagnosis of Nutrition Status of Soybean in the South of Mato Grosso do Sul

---

## Abstract

*The expression of yield and development potential of plants depends, among the environments productions factors, of adequate availability of nutrients in amount and in the moment that is necessary. In case the soil does not supply sufficient amount of them, is necessary to apply those in deficiency to complete the quantity furnished by the soil. The amount of nutrients to be supplied is based on the knowledge of the nutritional needs of the culture and the capacity of the soil to offer them. The chemical analysis of the soil is the tool more used for diagnosis and recommendation for the actions in the production process, such as the fertilizer and calcareous applications in the soil. With the aim of characterizing the nutritional status of soybean in the south portion of the State of Mato Grosso do Sul, Brazil, 87 soil and grain samples were taken at commercial areas of CD 202 soybean variety crops, during the agricultural year of 2000/2001, during the V<sub>1</sub> to V<sub>4</sub> development stadium, at depths 0-20 and 20-40 cm. The results showed that: a) the more limiting nutrients are Zn, K and P, respectively with 18,5, 12,6 and 10,3 of the sampled crops, and b) high concentrations of Al, and low of Ca, at sub-superficial soil layer, are important chemical restrictions in 16% of the sampled crops.*

Key-words: *Glycine max*, mineral nutrition, fertility.

## Introdução

Com a globalização da economia e sua estabilização no Brasil, acentuou-se a concorrência na oferta de produtos agrícolas e com isso a necessidade de tornar a agricultura mais eficiente e mais competitiva. Como consequência, é crescente a demanda por informações científicas que propiciem aumento na eficiência de uso dos corretivos e fertilizantes aplicados, o que requer conhecimento, utilização e aprimoramento de técnicas de diagnose da fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas (Lopes & Carvalho, 1991).

Quando o solo não fornece quantidade suficiente de nutrientes para o desenvolvimento da planta e para a obtenção de rendimento econômico faz-se necessária a aplicação daqueles nutrientes em falta, de forma a suplementar aqueles fornecidos pelo solo. A quantidade de nutrientes a ser fornecida baseia-se no conhecimento das necessidades da cultura, para que esta possa atingir determinado nível de rendimento, e na capacidade de fornecimento desses pelo solo (Tisdale et al., 1993). Para tanto, a análise química de solo pode ser boa ferramenta para diagnóstico e recomendação de intervenção no processo de produção, como a aplicação de corretivos da acidez do solo e de fertilizantes.

Tisdale et al. (1993) citam quatro objetivos para as análises de solo no que se refere à fertilidade: a) estabelecer índices de suprimento e disponibilidade de nutrientes; b) estimar a probabilidade de respostas rentáveis às aplicações de calcário e fertilizantes; c) recomendar doses de corretivos e fertilizantes a aplicar; e d) avaliar o nível de fertilidade de solos de uma região por meio da utilização de sumários de teste de solo.

Os solos dos cerrados do Brasil, nas condições originais, apresentam teores de nutrientes e outras condições edáficas inadequadas para garantir rendimentos econômicos, para a maioria das espécies de plantas (Lopes, 1984). Nessa região existem poucos resultados de calibração para teores de nutrientes no solo. Para Mato Grosso do Sul, as faixas de concentração de P, extraídas por Mehlich 1, foram propostas por Sousa et al. (1987). Para o K,  $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é considerado como o limite superior da faixa crítica (Embrapa Agropecuária Oeste, 2000). Para S [extrator  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ], B (extrator água quente) e Cu, Zn e Mn (extrator Mehlich 1) e Cu, Fe, Mn e Zn (extrator DTPA) têm sido utilizadas as faixas recomendadas por Rajj et al. (1997) e Embrapa Agropecuária Oeste (2000).

Existem recomendações para as correções do excesso de Al e da deficiência de Ca nas camadas mais profundas do solo, por meio do uso do gesso. O carreamento do Ca para as camadas mais profundas do solo, promovido pelo íon sulfato contido no gesso, aumenta sua saturação. Além disso, o íon sulfato complexa o Al, criando condições para o aprofundamento do sistema radicular das plantas, aumentando sua capacidade de absorção de água e nutrientes (Sousa & Lobato, 1996; Sousa et al., 1995; Embrapa Agropecuária Oeste, 2000).

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar o estado nutricional de algumas lavouras de soja, em Mato Grosso do Sul, por meio das análises de solo, interpretado pelos critérios das faixas de concentração.

## Material e Métodos

A diagnose nutricional da cultura de soja foi feita utilizando-se 87 amostras de solo, que foram coletadas, no ano agrícola 2000/2001, em 46 lavouras comerciais da variedade CD 202, na Micro Região Homogênea (MRH) 010, de Dourados, MS. A escolha deu-se em razão da MRH 010 ser a principal região produtora de soja no Sul de Mato Grosso do Sul, onde foram cultivadas 91,4% das lavouras, na safra 1999/2000 (Soja..., 2000).

As amostras foram coletadas durante os estádios fenológicos  $V_1$  a  $V_4$  (Costa & Marquezan, 1982), ocorridos entre 15 de novembro de 2000 e 5 de janeiro de 2001, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Seguindo a metodologia descrita por Silva et al. (1999), determinou-se o pH em  $\text{CaCl}_2$ , os teores extraíveis de P, K, Cu, Fe, Mn e Zn (Mehlich 1), os teores trocáveis de Ca, Mg e Al ( $\text{KCl mol L}^{-1}$ ) e a acidez potencial (H+Al) por titulometria. Foram estimadas, nas amostras de 0-20 cm, a soma de bases (s) pela soma dos teores de Ca, Mg e K, a capacidade de troca de cátions efetiva (t) pela soma de s com os teores de Al, a saturação de alumínio na t, a capacidade de troca de cátions (T) a pH 7,0, pela soma entre s e H+Al, e a saturação por bases (V%) a pH 7,0, conforme Rajj (1983). Nas amostras da camada 20-40 cm foram estimadas as saturações de Ca e Al, na t, de acordo com Rajj (1983). A análise granulométrica foi feita de acordo com a metodologia descrita em Embrapa (1997).

Para a determinação do rendimento de grãos foram colhidos oito segmentos de um metro nas fileiras de plantas, no estádio R<sub>8</sub> (Costa & Marquezan, 1982), de cada local de amostragem. Em 15 amostras de grãos, escolhidas ao acaso, foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1989). Tais teores foram utilizados para estimar o conteúdo de nutrientes nos grãos.

De cada propriedade selecionada foram registradas informações sobre as formulações de adubos e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O utilizadas. Para fins de discussão dos resultados analíticos referentes aos teores de P, as amostras de solo analisadas foram agrupadas com base nos seus teores de argila e classificadas como de texturas muito argilosa, argilosa, média e arenosa, quando os teores de argila das amostras eram, respectivamente, iguais ou superiores a 610 g kg<sup>-1</sup>, entre 410 e 600 g kg<sup>-1</sup>, entre 210 e 400 g kg<sup>-1</sup> e inferiores a 210 g kg<sup>-1</sup>.

Os valores relativos às variáveis analisadas em amostras do solo foram interpretados com base nas informações contidas na Tabela 1.

Fez-se o balanço da quantidade de P e K com base nas amostras coletadas na camada de 0-20 cm do solo, considerando: a) como disponíveis, as quantidades de nutrientes que excederam à quantidade necessária para a manutenção dos mesmos nas faixas de suficiência (limite superior da faixa de teor bom ou suficiente para o P de acordo com a classe textural), enquanto para o K o teor considerado suficiente foi de 0,14 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; b) como exportada, a quantidade dos nutrientes contidos nos grãos produzidos em cada parcela; e c) como aplicada, a quantidade de fertilizantes informada pelos produtores.

Com base nessas informações estimaram-se as quantidades de P e K disponíveis e realizaram-se os balanços: a) entre quantidade disponível e exportada; b) entre a quantidade aplicada e exportada; c) entre a quantidade disponível mais a aplicada e a exportada. O balanço foi considerado positivo quando excedeu, negativo quando foi menor, ou nulo quando foi igual à quantidade disponível em cada amostra. A quantidade crítica foi considerada como aquela suficiente para manter os teores de P e K no nível crítico.

Tabela 1. Classes de valores utilizadas para interpretação de variáveis determinadas pela análise química do solo em amostras coletadas no sul de Mato Grosso do Sul.

Variável	Classe de interpretação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom ou suficiente	Muito alto
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,0	-	1,0 - 2,0
Ca+ Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-	< 2,0	-	2,0	-
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	-	0,13	-	> 0,13	-
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	-	< 2,1	-	2,1 - 3,0	> 3,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	-	< 6,1	-	6,1 - 8,0	> 8,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	-	< 10,1	-	10,1 - 14,0	> 14,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(4)</sup>	-	< 12,1	-	12,1 - 18,0	> 18,0
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	-	0,5	-	0,5 - 0,8	> 0,8
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	-	1,9	-	2,0 - 5,0	> 5,0
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	-	1,0	-	1,1 - 1,6	> 1,6
V (%) <sup>(5)</sup>	-	< 30	30 - 50	51 - 70	71 - 80
m (20-40 cm) <sup>(6)</sup>	-	0 - 20	-	-	> 20
Ca (20-40 cm) <sup>(7)</sup>	-	< 60	-	60	-

(1), (2), (3), (4) Respectivamente, para solos de texturas muito argilosa (argila > 610 g kg<sup>-1</sup>), argilosa (argila entre 410 e 610 g kg<sup>-1</sup>), média (argila entre 210 e 400 g kg<sup>-1</sup>) e arenosa (argila < 210 g kg<sup>-1</sup>).

(5) V (%) = percentagem de saturação por bases.

(6) m (%) = percentagem de saturação de Al.

(7) Ca (%) = percentagem de saturação de cálcio.

## Resultados e Discussão

Os coeficientes de variação foram mais elevados para Al, Zn, P, em solos argilosos, e P, em solos muito argilosos (Tabela 2). Os elevados valores devem-se à amplitude dos teores observados nas áreas amostradas, sendo reflexos para as variáveis estudadas tanto das diferenças das estratégias de manejo adotadas pelos agricultores quanto da variabilidade das classes de solo da região (Oliveira et al., 2000). O valor médio observado da saturação por bases foi de 64,8%, próximo do valor considerado ideal para a região que é de 60% (Embrapa Agropecuária Oeste, 2000). Porém, o maior valor observado foi de 89,9%, sendo bastante superior ao valor recomendado, podendo ocorrer, nesse nível de saturação por bases, a insolubilização de micronutrientes catiônicos (Tisdale et al., 1993). Por outro lado, o menor valor observado foi de 29%, o qual indica a necessidade de aplicação de materiais corretivos para a elevação de seu valor. O rendimento médio observado foi de 4.092 kg ha<sup>-1</sup>, que é superior ao rendimento médio alcançado no Sul de Mato Grosso do Sul, na safra 2000/2001, que foi de 2.918 kg ha<sup>-1</sup> (Levantamento..., 2001). Esses resultados indicam que os produtores selecionados adotaram técnicas de manejo adequadas e, também, que as condições meteorológicas foram favoráveis (Fig. 1), embora se deva ressaltar a variabilidade na distribuição das chuvas, uma vez que os dados mostrados referem-se a coletas realizadas na estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, localizada em Dourados, MS.

Na Tabela 3 encontram-se relacionadas às frequências de ocorrência, em classes de interpretação, de teores de alumínio e de saturação por bases, determinadas nas amostras de solo, coletadas na camada de 0-20 cm.

### Alumínio

Para o Al, na camada 0-20 cm, não foram observadas amostras com teores em níveis prejudiciais, conforme padrões apresentados na Tabela 1. O coeficiente de correlação entre os teores de Al e o rendimento de grãos foi baixo ( $r = -0,13$ ) e não apresentou significância a 5% de probabilidade. O valor negativo para o coeficiente pode estar indicando tendência de decréscimo no rendimento de grãos com o aumento do teor de Al.

Tabela 2. Valores mínimos, médios e coeficientes de variação (CV%) de variáveis analisadas em amostras de solo (0-20 cm) em áreas com soja, variedade CD 202, no sul de Mato Grosso do Sul.

Variável	Médio	Mínimo	Máximo	CV (%)
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,05	0,00	0,70	235,0
Ca + Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,40	1,70	15,10	43,4
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,50	0,06	1,35	66,2
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(1)</sup>	12,00	1,80	79,80	103,0
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(2)</sup>	12,50	2,30	57,80	104,3
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(3)</sup>	13,10	3,00	35,60	64,5
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>(4)</sup>	40,60	16,60	102,00	65,0
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	10,10	1,10	30,70	63,1
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	42,80	8,90	190,20	71,2
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	120,40	4,80	244,80	49,7
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	4,80	0,05	40,70	155,7
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>(5)</sup>	11,90	3,70	19,60	31,1
V (%) <sup>(6)</sup>	64,80	29,00	89,90	19,5
Rendimento grão (kg ha <sup>-1</sup> )	4.092	2.389	5.583	15,5

(1) Teor de argila a 610 g kg<sup>-1</sup> (textura muito argilosa).

(2) Teor de argila de 410 a 600 g kg<sup>-1</sup> (textura argilosa).

(3) Teor de argila de 210 a 400 g kg<sup>-1</sup> (textura média).

(4) Teor de argila < 210 g kg<sup>-1</sup> (textura arenosa).

(5) Capacidade de troca de cátions.

(6) Percentagem de saturação por bases.

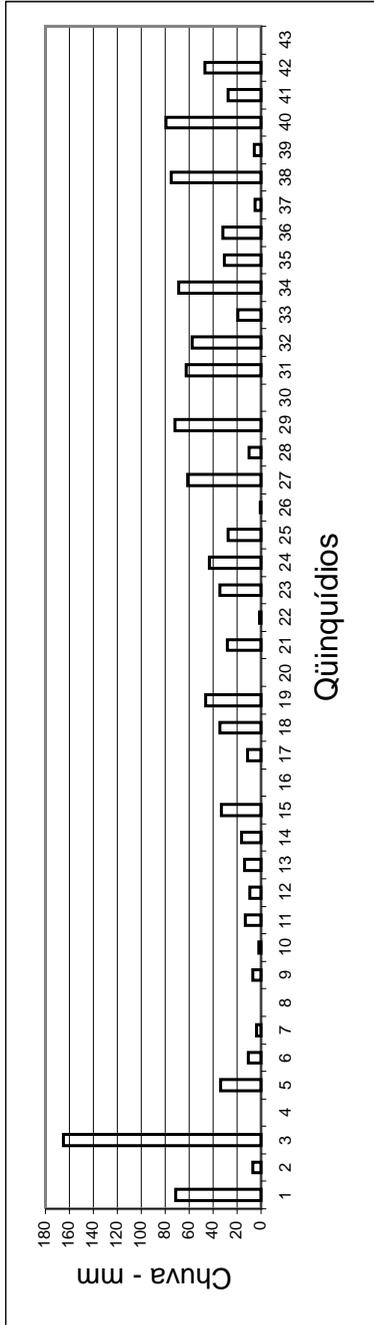


Fig. 1. Distribuição de chuvas, por quinquídio, a partir de 1<sup>o</sup> de setembro de 2000 a 31 março de 2001, no sul de Mato Grosso do Sul (Embrapa Agropecuária Oeste - dados não publicados).

## Saturação por bases

A saturação por bases das áreas amostradas ficou, respectivamente, em 16,2% e 34,4%, abaixo e acima do valor considerado bom (Tabela 3). Em lavouras onde a saturação por bases encontra-se abaixo do valor adequado, a calagem é a prática indicada para solucionar o problema. Por outro lado, em situações em que a saturação por bases excede o valor adequado, a atenção deve se voltar no sentido de monitorar a disponibilidade, principalmente de micronutrientes, uma vez que pode ocorrer a insolubilização dos mesmos em solos com elevados valores de saturação por bases (Tisdale et al., 1993). O coeficiente de correlação entre a saturação por bases e o rendimento de grãos apresentou um baixo valor ( $r = 0,28^*$ ), embora significativo a 5% de probabilidade. Esse resultado pode estar indicando alta adaptabilidade da variedade analisada, mostrando a capacidade dela apresentar rendimentos elevados em ampla faixa de valores de saturação por bases.

Tabela 3. Frequência de ocorrência, em classes de interpretação, de teores Al e de saturação por bases, determinados em amostras da camada de 0-20 cm em áreas com o cultivo de soja, variedade CD 202, no sul de Mato Grosso do Sul.

Variável	Frequência conforme classe de interpretação (%)					
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto	Muito alto
Al	94,2	4,6	1,2	-	0,0	0,0
V <sup>(1)</sup>	-	1,3	14,9	49,4	26,4	8,0

<sup>(1)</sup> V = percentagem de saturação por bases.

Na Tabela 4 encontram-se relacionados os valores da frequência de teores de variáveis determinadas nas amostras de solo coletadas na camada de 0-20 cm, distribuídos conforme classes de interpretação. Na mesma tabela também estão incluídos os valores de saturação de Al e de Ca na camada de 20-40 cm.

Tabela 4. Frequência de ocorrência, em classes de interpretação, de teores de variáveis em amostras de solo coletadas na camada 0-20 cm e 20-40 cm (para saturação de Al - m% e de Ca) em áreas com soja, variedade CD 202, no sul de Mato Grosso do Sul.

Variável	Frequência conforme classe de interpretação		
	Baixo	Bom ou suficiente	Alto
	----- % -----		
Ca + Mg	1,1	98,9	-
K	12,6	87,4	-
P (1)	4,2	2,0	93,8
P (2)	5,9	29,4	64,7
P (3)	46,1	7,8	46,1
P (4)	0,0	12,5	87,5
Porcentagem do total de amostras para P	10,3	9,2	80,5
Cu	0,0	0,0	100,0
Mn	0,0	1,1	98,9
Zn	18,5	12,6	68,9
m (20-40 cm) (5)	90,8	-	9,2
Ca (20-40 cm) (6)	16,1	83,9	-

(1), (2), (3), (4) Respectivamente para solos de textura muito argilosa, argilosa, média e arenosa.

(5) m(%) = percentagem de saturação de alumínio.

(6) V(%) = percentagem de saturação de cálcio.

## Potássio e Cálcio + Magnésio

O teor de K ficou abaixo da faixa de suficiência em 12,6% das amostras analisadas, enquanto para Ca + Mg o percentual de amostras, na mesma faixa, foi de 1,1%. Por outro lado, na maioria das lavouras amostradas, os teores de K e Ca + Mg enquadraram-se na classe de suficiência, na qual não se esperariam respostas econômicas e/ou físicas à aplicação dos mesmos, necessitando apenas repor a quantidade exportada pela colheita. A correlação estabelecida entre o rendimento de grãos e os teores de K e de Ca + Mg apresentaram baixos valores nos coeficientes (respectivamente  $r = 0,26^*$  e  $r = 0,15$ , para K e

Ca+ Mg com rendimento de grãos) , embora significativo a 5% de probabilidade, no caso do K. Uma possível razão para tal comportamento pode estar relacionada com os elevados teores observados na maioria das amostras analisadas, para o caso do K e especialmente para Ca+ Mg. Como já mencionado, uma vez atingido o nível crítico, por conceito, não é de se esperar a ocorrência de respostas físicas e/ou econômicas, em situações em que os teores dos nutrientes encontrarem-se acima daquele nível (Raij, 1983; Tisdale et al., 1993).

## Fósforo

Considerando o total de áreas amostradas, observou-se, para P, que 10,3% delas enquadraram-se nas classes de teores abaixo da faixa de suficiência. Por outro lado, 9,2% das áreas amostradas apresentaram teores de P na faixa de teores bom ou suficiente e 80,5% na faixa de teores altos. No geral, em 89,7% das lavouras amostradas, não seria de se esperar respostas físicas ou econômicas à aplicação do P, tendo em vista que as mesmas enquadraram-se nas faixas de suficiência e alto, necessitando apenas de se realizar adubações visando à reposição das quantidades exportadas pelos grãos. O baixo coeficiente de correlação ( $r = 0,09$ ) observado entre P e rendimento de grãos, possivelmente está relacionado com o elevado percentual de amostras com teores acima do nível crítico (Raij, 1983; Tisdale et al., 1993).

## Cobre, Manganês e Zinco

Dos micronutrientes analisados o Zn foi o único que apresentou teores abaixo da faixa considerada suficiente (classe de teor médio, conforme Tabela 1) com 18,5% das lavouras amostradas situadas nessa faixa. Por sua vez, para Cu e Mn não foram observadas lavouras em nível abaixo da faixa de suficiência, indicando adequado suprimento dos mesmos pelos solos (Tabela 1). Os coeficientes de correlação entre o rendimento de grãos e os teores de Cu ( $r = 0,02$ ), Mn ( $r = 0,24^*$ ) e Zn ( $r = 0,25^*$ ), embora significativos para os casos do Mn e Zn, foram baixos, indicando fraca relação entre as variáveis correlacionadas, o que possivelmente deveu-se aos elevados percentuais de amostras com teores dos nutrientes acima dos respectivos níveis críticos (Raij, 1983; Tisdale et al., 1993).

## Saturação de Ca e de Al na camada de 20-40 cm

Com base nos parâmetros mencionados na Tabela 1 pode-se observar na Tabela 4 que justificar-se-ia aplicar o gesso em 9,2% das áreas amostradas, no caso de se desejar diminuir o teor de Al. Por outro lado, quando o objetivo for elevar o teor de Ca, poderia ser adotada tal prática em 16,1% das áreas amostradas.

## Balanço de P e de K na camada de 0-20 cm

O balanço realizado para P e K na camada 0-20 cm mostra que 87% das amostras encontram-se com o teor de P acima da faixa de suficiência e 13% abaixo (Tabela 5). Situação similar observou-se para K em relação à quantidade disponível. Quando se considera o balanço entre a quantidade de P disponível e a exportada pelos grãos, observa-se que 68% das amostras apresentam um balanço negativo, ou seja, a quantidade disponível ficaria abaixo da quantidade crítica, enquanto 32% teriam balanço positivo. Para K a situação se inverte, ou seja, 71% das amostras têm balanço positivo e 29% delas negativo. Para o balanço entre as quantidades de P e K aplicadas e a quantidade dos nutrientes exportadas observou-se, respectivamente, que em 82% e 22% das amostras os balanços foram positivos. Finalmente, quando se considera o balanço entre a quantidade disponível no solo acrescida da aplicada em relação à quantidade exportada observou-se que em 92% e 83% das amostras os balanços, respectivamente, para P e para K, são positivos, enquanto 6% e 17% das amostras apresentam balanços negativos, para os mesmos nutrientes.

Esses resultados demonstram que, em pequeno número de lavouras amostradas, ocorreu empobrecimento do solo, com os teores dos dois nutrientes sendo reduzidos a valores abaixo das respectivas faixas de suficiência. Isto indica a necessidade de, nas safras que se sucederem, serem aplicadas quantidades de P e de K superiores às quantidades a serem exportadas, com o objetivo de atingir as faixas de suficiência para os teores críticos dos nutrientes no solo. Cabe lembrar que outras fontes potenciais de retirada de nutrientes do sistema solo-planta, como erosão e lixiviação, caso do K, podem contribuir para mudanças nos valores estimados.

Tabela 5. Balanço da quantidade de P e K no solo considerando as quantidades disponíveis (sem adubação - D), aplicadas (A) e exportada (E) pela soja, variedade CD 202, e a capacidade de produção de soja considerando o residual de P e K no solo, em amostras coletadas na camada 0-20 cm, no sul de Mato Grosso do Sul.

	Nutriente								
	P				K				
	D <sup>(1)</sup>	D - E <sup>(2)</sup>	A - E <sup>(3)</sup>	(D + A) - E <sup>(4)</sup>	D <sup>(1)</sup>	D - E <sup>(2)</sup>	A - E <sup>(3)</sup>	(D + A) - E <sup>(4)</sup>	
Balanço	+	87	32	82	92	87	71	22	83
	-	13	68	16	6	13	29	78	17
	nulo	0	0	2	2	0	0	0	0
		----- %			----- %			----- %	
		ind. <sup>(5)</sup>	acum. <sup>(6)</sup>		ind. <sup>(5)</sup>	acum. <sup>(6)</sup>		ind. <sup>(5)</sup>	acum. <sup>(6)</sup>
		----- %			----- %			----- %	
Tempo	< 1	39	100		29	100		29	100
sem	1	35	61		11	71		11	71
aplicação	2	13	26		10	60		10	60
(anos)	3	2	13		15	50		15	50
(7)	4	6	11		2	35		2	35
	5	5	11		33	33		33	33

<sup>(1)</sup> quant = quantidade disponível visando manter o teor igual ao nível crítico,  
<sup>(2)</sup> disp - exp = balanço entre a quantidade disponível e a exportada pelos grãos,  
<sup>(3)</sup> aplic - exp = balanço entre a quantidade aplicada e a exportada,  
<sup>(4)</sup> (disp + aplic) e exp = balanço entre a quantidade disponível + aplicada e a exportada pelos grãos,  
<sup>(5)</sup> ind. = frequência individual,  
<sup>(6)</sup> acum. = frequência acumulada,  
<sup>(7)</sup> Considerando o balanço do item (4) e a produtividade de cada local.

Observa-se, ainda, que com relação ao tempo em que a soja poderia ser cultivada mantendo-se os teores de P e K iguais ou superiores à faixa de suficiência, 61% e 71% das áreas amostradas poderiam ser cultivadas sem adubação fosfatada e potássica por um ano (Tabela 5).

Embora esse balanço "contábil" indique a existência de áreas com excesso de K, esse fato pode ser desejável em situações onde a distribuição de chuvas é irregular. O baixo conteúdo de umidade no solo faz com que as películas de água ao redor das partículas sejam mais finas e descontínuas, resultando em um caminho mais tortuoso para a difusão do nutriente para as raízes. Desse modo, o aumento no teor de K no solo tornaria mais rápida a sua difusão (Tisdale et al., 1993).

## Conclusões

- 1) Os nutrientes mais limitantes no solo foram Zn, K e P, respectivamente, em 18,5%; 12,6% e 10,3% das lavouras amostradas.
- 2) Concentrações elevadas de Al e baixas de Ca, nas camadas subsuperficiais do solo, foram importantes limitações químicas em 16% das lavouras amostradas.

## Referências Bibliográficas

COSTA, J. A.; MARQUEZAN, E. Características dos estádios de desenvolvimento da soja. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30 p.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Dourados, 2000. 158 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Circular Técnica, 6).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 13, mar. 2001.

LOPES, A. S. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. Piracicaba: POTAFÓS, 1984. 162 p.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. 329 p. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201 p.

OLIVEIRA, H.; URCHEI, M. A.; FIETZ, C. R. Aspectos físicos e sócioeconômicos da Bacia Hidrográfica do Rio Ivinhema. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 52 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 25).

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 2. ed. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 142 p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C. A. de. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. rev. atual. Campinas: IAC: Fundação IAC, 1997. p. 8-13. (IAC. Boletim Técnico, 100).

SILVA, F. C.; EIRA, P. A.; RAIJ, B. van; SILVA, C.A.; ABREU, C. A.; GIANELLO, C.; PÉREZ, D. V.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; ABREU, M. F.; BARRETO, W. O. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F. C. (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 75-169.

SOJA: 1ª safra: safra 99/2000. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Campo Grande, out. 2000.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção do solo e adubação da cultura da soja. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1995. 20 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 32).

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E. Interpretação de análise de terra e recomendação de adubos fosfatados para as culturas anuais nos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1987. 7 p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 51).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. Soil fertility and fertilizers. 5. ed. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

EM BRANCO

República Federativa do Brasil

*Fernando Henrique Cardoso*  
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

*Marcus Vinicius Pratini de Moraes*  
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

*Márcio Fortes de Almeida*  
Presidente

*Alberto Duque Portugal*  
Vice-Presidente

*Dietrich Gerhard Quast*  
*José Honório Accarini*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiral*  
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

*Alberto Duque Portugal*  
Diretor-Presidente

*Dante Daniel Giacomelli Scolari*  
*Bonifácio Hideyuki Nakaso*  
*José Roberto Rodrigues Peres*  
Diretores-Executivos

*Embrapa Agropecuária Oeste*

*José Ubirajara Garcia Fontoura*  
Chefe-Geral

*Fernando Mendes Lamas*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Josué Assunção Flores*  
Chefe-Adjunto de Administração