

BOLETIM TÉCNICO Nº 5

SOLOS SOB CERRADO

MANEJO DA FERTILIDADE PARA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS

SOLOS SOB CERRADO

MANEJO DA FERTILIDADE PARA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

SOLOS SOB CERRADO

**MANEJO DA FERTILIDADE PARA A
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

Alfredo Scheid Lopes
Luis Alberto Guimarães Guilherme

Outubro 1994
**ANDA ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E
CORRETIVOS AGRÍCOLAS**
SÃO PAULO – SP

Lopes, A.S.

Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. São Paulo, ANDA, 1994 (2ª edição).
62p. (boletim técnico, 5)

Bibliografia

1. Solos sob cerrado – Adubação. 2. Solos sob cerrado – Manejo. 3. Cerrado – Solos – Adubação. 4. Cerrado – Solos – Manejo. 5. Adubação. I. Guilherme, L.R.G. II. Título. III Série.

CDD-631.47
-631.4981
-631.8

APRESENTAÇÃO

Poucas áreas do globo terrestre consideradas, até a década de 60, marginais para a produção agropecuária apresentaram respostas tão positivas, quando incorporadas ao processo produtivo, como a região dos cerrados no Brasil Central.

Entretanto, as limitações impostas pelos solos sob cerrado, que, em geral, são altamente intemperizados, com baixas reservas de nutrientes essenciais, aliadas a problemas de ordem climática (ocorrência de seca e/ou veranicos), obrigam a adoção de tecnologia adequada – felizmente existente e desenvolvida pela agronomia brasileira – para aumentar as probabilidades de sucesso para a agropecuária da região.

A necessidade do conhecimento detalhado das possíveis deficiências nutricionais desses solos, dos aspectos limitantes relacionados ao estresse hídrico e das tecnologias de manejo para a produção adequada da agropecuária nos cerrados, justificaram a elaboração e a publicação pela ANDA deste Boletim Técnico N° 5 “Solos sob Cerrado: Manejo da Fertilidade para a Produção Agropecuária”.

A aplicação dos conceitos, informações e técnicas de manejo contidas neste boletim irá certamente, contribuir para uma consolidação ainda mais marcante do papel dos cerrados no contexto da agropecuária brasileira.

ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas

São Paulo, fevereiro de 1992.

SUMÁRIO

I – INTRODUÇÃO	7
II – A REGIÃO DO CERRADO	8
III – ASPECTOS NUTRICIONAIS E FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CERRADO	12
1 – pH do solo	14
2 – Fósforo solúvel	14
3 – Potássio solúvel	14
4 – Cátions trocáveis.....	15
5 – CTC efetiva e saturação por alumínio	15
6 – Matéria orgânica do solo	15
7 – Micronutrientes (Zn, Cu, Mn e Fe).....	17
8 – Outros Nutrientes (N,S,B e Mo).....	18
IV – ASPECTOS LIMITANTES RELACIONADOS AO ESTRESSE HÍDRICO.....	20
1 – Ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa.....	21
2 – Baixa capacidade de retenção de água no solo	21
3 – Existência de barreiras químicas à penetração de raízes	24
V – TECNOLOGIA DE MANEJO PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM SOLOS SOB CERRADO	25
1 – Calagem	25
2 – Adubação fosfatada corretiva	29
3 – Melhoria do ambiente radicular no subsolo	32
4 – Adubação potássica corretiva	36
5 – Adubação corretiva com micronutrientes	37
6 – Adubações de manutenção	38
7 – Outras práticas	39
VI – O CERRADO HOJE E O SEU POTENCIAL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA..	43
VII – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	47

SOLOS SOB CERRADO: MANEJO DA FERTILIDADE PARA A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA ⁽¹⁾

Alfredo Scheid Lopes ⁽²⁾

Luiz Roberto Guimarães Guilherme ⁽³⁾

I – INTRODUÇÃO

A área sob vegetação de cerrado no Brasil Central ocupa, aproximadamente, 2 milhões de quilômetros quadrados ou 23% da área total do país. A maioria dos solos desta região constitui-se de Latossolos altamente intemperizados e Podzólicos, com sérias limitações à produção de alimentos, no que diz respeito à baixa fertilidade natural do solo. São solos ácidos que apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu). Possuem ainda alta saturação por alumínio (m%) bem como alta capacidade de fixação de fósforo.

Além destes, outros fatores limitantes à produção merecem ser mencionados: a) existência de uma estação seca bem definida, com duração de 5 a 6 meses (abril a setembro); b) ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa (“veranicos”), geralmente associados a altas taxas de evapotranspiração; c) baixa capacidade de retenção de água; d) limitado desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas, em função da toxicidade de Al e/ou deficiência de Ca nas camadas subsuperficiais do solo.

Estes pontos enfatizam a necessidade de utilização de uma adequada tecnologia de manejo, para aumentar a probabilidade de sucesso, quando da incorporação destes solos ao processo de produção de alimentos, principalmente em condições de agricultura não irrigada.

¹ Adaptação do artigo “Plant nutrition problems and management in rain dependent food crop production in cerrado region of Brazil”, apresentado em FAO/FIAC Working Party on the Economics of Fertilizer Use, Roma, Itália, 10 a 15/abril/1989. 29p. (mimeo).

² Eng^o Agr^o, MSc, PhD, Professor do Departamento de Ciência do Solo, ESAL, Lavras – MG; Consultor Técnico da ANDA, São Paulo – SP

³ Eng^o Agr^o, MSc, Professor do Departamento de Ciência do Solo, ESAL, Lavras – MG

Não obstante existam os problemas anteriormente mencionados, um grande desenvolvimento agrícola foi observado nesta região durante os últimos anos, principalmente em relação às culturas produtoras de grãos, cana-de-açúcar, pastagens e café. A produtividade média de algumas destas culturas no cerrado excede a média nacional. Estimativas recentes para esta região indicam, além de uma grande contribuição na produção de café e cana-de-açúcar, uma participação próxima de 1/3 na produção total de grãos do Brasil.

É importante ressaltar que, até a década de 70, esta região era considerada marginal para a produção de alimentos. Entretanto, a tecnologia desenvolvida por pesquisadores do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, e de outras instituições, tem mudado completamente este quadro.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um resumo dos principais fatores limitantes ligados à fertilidade destes solos, além de outros relacionados à nutrição de plantas e “déficit” hídrico. Neste contexto, são enfocadas as tecnologias de manejo (muitas delas já praticadas pelos agricultores da região) capazes de superar algumas dessas limitações, com o intuito de incorporar estes solos ao processo produtivo.

II – A REGIÃO DO CERRADO

A vegetação dominante na área de cerrado brasileiro pode ser definida como uma cobertura de savana sub-úmida, embora haja uma grande variação desde campos de gramíneas até matas bem fechadas (Ferri, 1977).

A maior parte da área do cerrado está localizada nos Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Piauí, além do Distrito Federal. Extensões representativas ocorrem ainda em outros seis Estados (Figura 1). Estima-se que aproximadamente 15 milhões de pessoas vivam atualmente nesta região, a qual encontra-se em grande processo de urbanização (Goedert, 1989).

A combinação de declives suaves (geralmente menores que 3%) com uma boa estabilidade de agregados do solo, bem como boas condições de profundidade e drenagem facilitam a mecanização agrícola nos solos desta região. Nestas condições, estima-se que aproximadamente 50% da região sejam cobertos por terras aráveis: 1 milhão de km².

As altitudes variam desde 1000m, próximo a Brasília, até menos de 200m, em áreas próximas ao equador. Adamoli et al. (1986) estimam que aproximadamente 73% da área de cerrado estejam entre as altitudes de 300 a 900m. A temperatura média anual



Figura 1 – Distribuição da área de cerrado no Brasil.
Fonte: Adaptado de Goedert (1989)

varia de 22°C no sul a 27°C no norte, geralmente associada a mudanças em altitude. A temperatura média mensal é quase constante através do ano. A radiação solar incidente é alta em toda a área, com valores em torno de 475 a 500 langleys (Adamoli et al., 1986). Assim, verifica-se que as características de temperatura e energia são favoráveis ao crescimento da maioria das culturas, durante o ano todo (Goedert, 1989).

O total de precipitação pluviométrica anual nesta região varia entre 900 e 2000 mm, distribuídos em duas estações distintas: uma seca e outra chuvosa. Segundo Adamoli et al. (1986), 88% da área de cerrado apresentam uma estação seca com duração de 4 a 7 meses. Um resumo das condições climáticas da região de Brasília (DF), a qual pode ser tomada como exemplo do que ocorre no cerrado, está apresentado na Figura 2.

Uma das mais severas limitações para a prática de uma agricultura avançada nesta região é a ocorrência de curtos períodos secos durante a estação chuvosa (“veranicos”). A falta de uniformidade na precipitação pluviométrica é comum. Mesmo

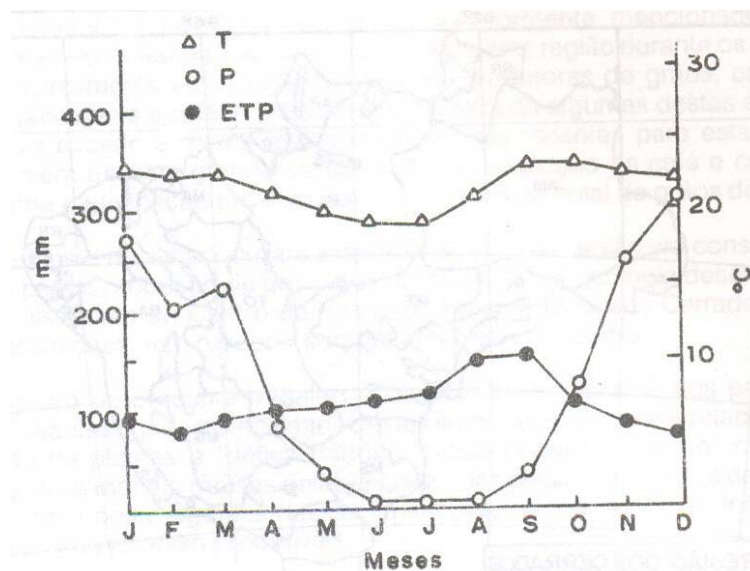


Figura 2 – Médias mensais de temperatura (T), precipitação pluviométrica (P) e evapotranspiração potencial (E) em Brasília, DF.
Fonte: Goedert (1989)

nos meses de dezembro e janeiro, aqueles que apresentam a maior intensidade de chuvas, “veranicos” de duas semanas são possíveis de acontecer. Esta situação, aliada à alta radiação solar, alta evapotranspiração potencial e baixa capacidade de retenção de água dos solos, assim como as condições químicas limitantes ao adequado desenvolvimento radicular, podem causar sérias injúrias às culturas sensíveis ao estresse hídrico (Wolf, 1975).

De acordo com Cochrane et al. (1985), os Oxisols representam mais de 50% da área dos cerrados, sendo o restante coberto, principalmente, por Ultisols, Entisols e Inceptisols. Os Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Esuro, classificados, em sua maioria, na sub-ordem Ustox, segundo a “Soil Taxonomy”, são os preferidos para a agricultura intensiva (Goedert, 1987). A maior parte destes solos apresenta textura média ou argilosa. Aproximadamente 20% destes, entretanto, são arenosos, os quais demandam especial atenção quando manejados sob cultivo contínuo. A fração argila é dominada por caulinita, gibbsita e óxidos de ferro (Hughes, 1980). A predominância destas argilas de baixa atividade é que determina o comportamento destes solos, especialmente com relação à CTC, capacidade de retenção de água e adsorção de fosfatos (Goedert, 1987). Mais recentemente, Adamoli et al. (1986) elaboraram um resumo da ocorrência das principais classes de solos na região dos cerrados, o qual está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Principais classes de solos da região dos cerrados

Classe	Sinómia		Superfície da região	
	FAO/UNESCO	Soil Taxonomy	Km ²	%
Latossolos	Ferralsols	Oxisols	935.870	46,0
Concrecionários	Acrisols			
Lateríticos	Ferralsols	Ultisols	57.460	2,8
Podzólicos	Acrisols Luvisols	Ultisols Alfisols	307.677	15,1
Terras roxas	Nitosols	Alfisols	34.231	1,7
Cambissolos	Cambisols	Entisols Inceptisols	61.943	3,0
Litólicos	Lithosols	Entisols	148.134	7,3
Areias quartzosas	Arenosols	Entisols	309.715	15,2
Lateritas hidromórficas	Luvisols Gleysols	Alfisols Inceptisols	122.664	6,0
Gley	Gleysols	Inceptisols	40.752	2,0
Outros	-	-	19.154	0,9
TOTAL			2.037.600	100,0

Fonte: Adamoli et al. (1986)

Aproximadamente 70% da área de cerrado são compostos por propriedades agrícolas com área superior a 50 ha, e mais de 90% das propriedades são privadas, condição esta que favorece o desenvolvimento da agricultura. A infraestrutura, no que diz respeito a estradas, eletricidade e outras necessidades básicas, é adequada no sudeste da região dos cerrados, mas ainda pobre ao norte. A região possui um bom serviço de extensão e uma boa estrutura de créditos, sendo o volume destes, entretanto, insuficiente para atender a demanda, principalmente no tocante a investimentos (Goedert, 1989).

O suprimento de insumos básicos (sementes, calcário, fertilizantes, máquinas etc) é relativamente adequado. Os depósitos de calcário são abundantes, e a maior parte

das reservas de fosfatos naturais de baixa reatividade, as quais se constituem a base da indústria de fertilizantes fosfatados no Brasil, está localizada na região dos cerrados.

Finalmente, é importante mencionar o apoio que a pesquisa tem dado às atividades agrícolas da região, através dos seguintes órgãos: CPAC (Planaltina, DF), CNPH (Brasília, DF), CNPAF (Goiânia, GO), CNPGC (Campo Grande, MS), CNPMS (Sete Lagoas, MG), EPAMIG (MG), EMGOPA (GO), EPABA (BA), EMPA (MT) e EMPAER (MS), além das Faculdades e Escolas de Ciências Agrárias existentes na região.

III – ASPECTOS NUTRICIONAIS E FERTILIDADE DOS SOLOS SOB CERRADO

Uma das principais limitações da região de cerrado no Brasil é a condição de baixa fertilidade natural dos seus solos. Dados de distribuição de frequência para 15 propriedades químicas do solo, provenientes de 518 amostras superficiais (0-15 cm) tomadas sob vegetação natural de cerrado numa área de 600.000 km², no Brasil Central, estão agrupados na Figura 3 (Lopes & Cox, 1977). Estes dados são utilizados a seguir como base das discussões envolvendo os aspectos nutricionais e a fertilidade dos solos desta área. Neste contexto, e com a finalidade apenas de comparação, são apresentados alguns valores analíticos estabelecidos como padrão para a produção das culturas em geral, os quais encontram-se agrupados na Tabela 2. Maior detalhamento quanto a estes valores pode ser obtido em CFSG (1988), Lopes & Guimarães (1989) e Sousa (1989), entre outras.

Tabela 2 – Níveis padrões de algumas propriedades do solo utilizados na interpretação dos resultados analíticos na região do cerrado.

Propriedade do solo	Baixo	Nível Médio	Alto
Acidez (pH)	6,0-6,9	5,0-5,9	<5,0
P(μ g/ml)	0-10	11-30	>30
K (meq/100 ml)	0-0,15	0,16-0,30	>0,30
Ca (meq/100 ml)	0-1,5	1,6-4,0	>4,0
Mg (meq/100 ml)	0-0,5	0,6-1,0	>1,0
Al (meq/100 ml)	0-0,3	0,4-1,0	>1,0
CTC efetiva (meq/100 ml)	0-2,5	2,6-6,0	>6,0
Saturação por Al (%)	0-20	21-40	>40
Matéria orgânica (%)	0-1,5	1,6-3,0	>3,0

Fonte: Adaptado de Lopes & Cox (1977)

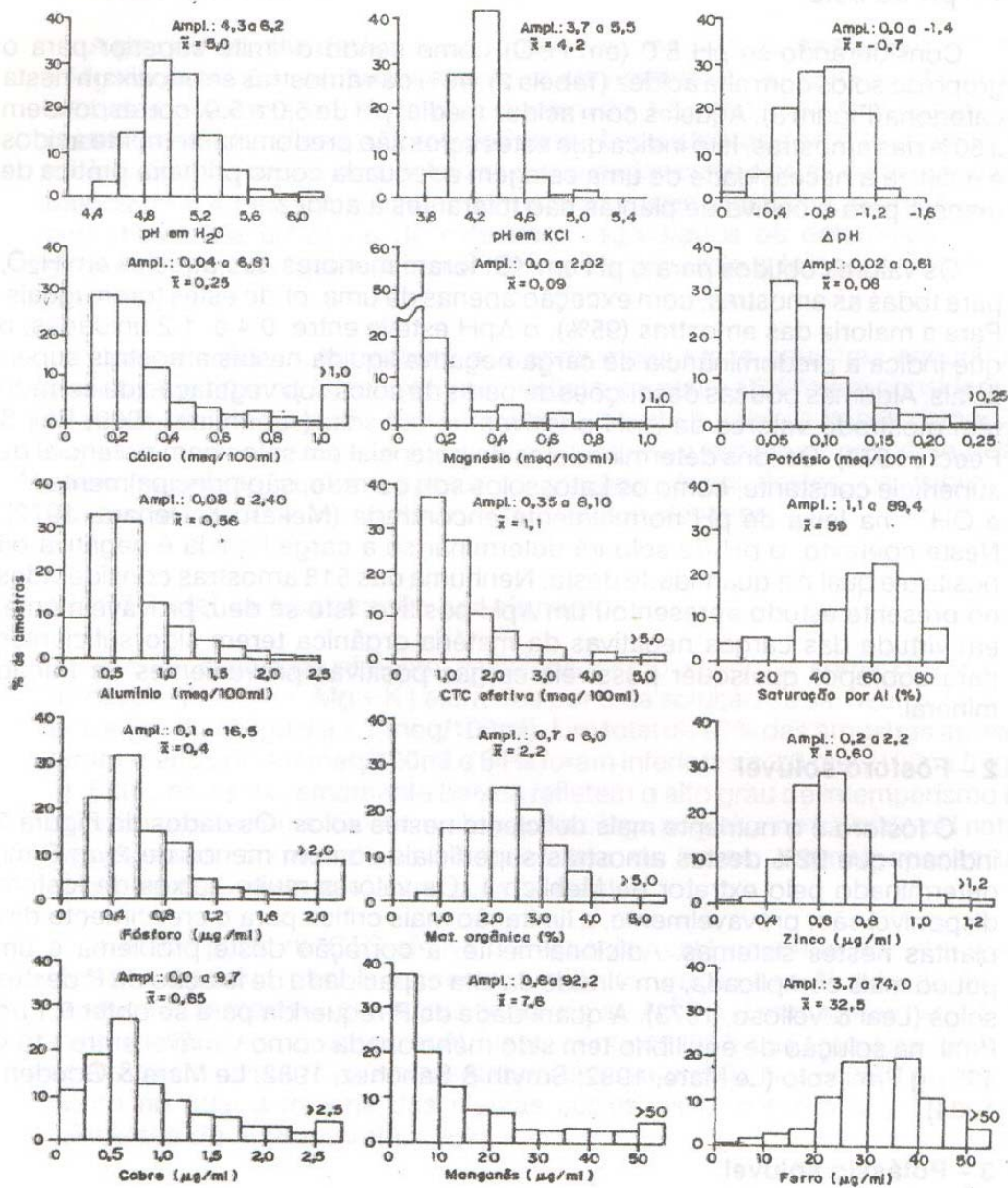


Figura 3 – Distribuição de freqüência de algumas propriedades químicas de amostras superficiais (0-15 cm) de solos sob cerrado. (\bar{x} = mediana)
 Fonte: Lopes & Cox (1977)

1 – pH do solo

Considerando-se pH 5,0 (em H₂O) como sendo o limite superior para o grupo de solos com alta acidez (Tabela 2), 48% das amostras se encaixam nesta categoria (Figura 3). Aqueles com acidez média, pH de 5,0 a 5,9, correspondem a 50% das amostras. Isto indica que estes solos são predominantemente ácidos e enfatiza a necessidade de uma calagem adequada como primeira prática de manejo para o cultivo de plantas não tolerantes à acidez.

Os valores obtidos para o pH em KCl foram menores que aqueles em H₂O, para todas as amostras, com exceção apenas de uma, onde estes foram iguais. Para a maioria das amostras (95%), o ΔpH esteve entre -0,4 e -1,2 unidades, o que indica a predominância de carga negativa líquida nestas amostras superficiais. Algumas poucas descrições de perfis de solos sob vegetação de cerrado têm mostrado valores de ΔpH positivos no subsolo (Jacomine, 1969; Raij & Peech, 1972). Os íons determinadores de potencial em solos com potencial de superfície constante, como os Latossolos sob cerrado, são principalmente H⁺ e OH⁻ na faixa de pH normalmente encontrada (Mekaru & Uehara, 1972). Neste contexto, o pH do solo irá determinar se a carga líquida é negativa ou positiva e qual é a quantidade desta. Nenhuma das 518 amostras consideradas no presente estudo apresentou um ΔpH positivo. Isto se deu, provavelmente, em virtude das cargas negativas da matéria orgânica terem sido suficientes para sobrepor quaisquer possíveis cargas positivas provenientes da fração mineral.

2 – Fósforo solúvel

O fósforo é o nutriente mais deficiente nestes solos. Os dados da Figura 3 indicam que 92% destas amostras superficiais contêm menos de 2 μg P/ml, determinado pelo extrator de Mehlich 1. Os valores muito baixos de fósforo disponível são, provavelmente, a limitação mais crítica para o crescimento das plantas nestes sistemas. Adicionalmente, a correção deste problema é um pouco mais complicada, em virtude da alta capacidade de fixação de P destes solos (Leal & Velloso, 1973). A quantidade de P requerida para se obter 0,1 μg P/ml na solução de equilíbrio tem sido mencionada como variável entre 110 e 405 μg P/ml solo (Le Mare, 1982; Smyth & Sanchez, 1982; Le Mare & Goedert, 1984).

3 – Potássio solúvel

Os dados da Figura 3 indicam que 85% das amostras possuem teores de K solúvel considerados baixos. Conquanto respostas à adubação potássica não tenham sido tão comuns nem tão pronunciadas quanto às obtidas pela aplicação de calcário e P (Lopes, 1983), deve-se ressaltar que, sob condições de média a alta produtividade, a

importância de uma adubação potássica em doses adequadas passa a ocupar lugar de destaque nestes solos.

4 – Cátions trocáveis

A grande maioria destes solos mostrou teores extremamente baixos de Ca e Mg trocáveis. Os resultados analíticos apresentados na Figura 3 indicam que 96% das amostras encontram-se abaixo de 1,5 meq Ca/100ml e que 90% poderiam ser classificados como possuindo baixos teores de Mg trocável (<0,5 meq/100ml). É necessário enfatizar que a maior parte destes solos apresenta menos de 0,4 meq Ca/100ml e menos de 0,2 meq Mg/100ml, o que mostra a importância da utilização de calcários magnesianos ou dolomíticos nestes sistemas, com o objetivo de corrigir a acidez do solo e fornecer Ca e Mg às plantas.

Com relação ao Al trocável, a grande maioria das amostras encontra-se entre 0,25 e 1,0 meq Al/100ml (nível médio) e somente 15% foram consideradas altas quanto a este parâmetro. Entretanto, sendo o nível de bases como Ca e Mg extremamente baixo, o Al trocável tende a ser o cátion dominante nestes solos (Figura 3), embora, apesar da condição ácida destes, os valores absolutos para acidez trocável não sejam muitos elevados.

5 – CTC efetiva e saturação por alumínio

A CTC efetiva, usualmente calculada como sendo a soma dos cátions trocáveis (Al + Ca + Mg + K) extraídos por uma solução de sal neutro, foi muito baixa (mediana igual a 1,1 meq/100ml). Um total de 97% das amostras apresentaram menos de 4,0 meq/100ml e 84% foram inferiores a 2,0 meq/100ml (Figura 3). Estes níveis extremamente baixos refletem o alto grau de intemperismo que ocorreu nestes solos. Existe muito pouca carga negativa no valor de pH natural deste solos, o que, aliado ao baixo teor de bases, permite apenas uma pequena reserva de nutrientes para as plantas.

A maior parte da CTC efetiva destes solos está ocupada por Al trocável, tendo a mediana para a percentagem de saturação por Al sido de 59%. A produção da maioria das plantas sensíveis ao Al^{3+} é diminuída em solos com mais de 20% de saturação por Al. Neste contexto, 91% das amostras estiveram acima deste nível e 79% apresentaram uma saturação por Al superior a 40%, ponto no qual a maioria das plantas cultivadas já começa a sofrer com a toxicidade do Al (Kamprath, 1967).

6 – Matéria orgânica do solo

O teor de matéria orgânica nestes solos variou de 0,7 a 6,0%, com uma mediana de 2,2%. Apenas 17% das amostras apresentaram teores menores que 1,5%, e 23%

estiveram acima de 3,0% de matéria orgânica. Estes dados, aliados a observações posteriores de Sanchez (1987), contrariam concepção errônea e generalizada de que os solos tropicais são pobres em matéria orgânica. Embora o teor de matéria orgânica tenha sido moderado a alto na maioria destes solos e o teor médio de argila tenha sido ao redor de 40%, a CTC efetiva foi muito baixa. Algumas possíveis explicações para este comportamento foram dadas por Lopes & Cox (1977), mas sabe-se definitivamente que estão relacionadas ao pH natural ácido destes solos. A CTC efetiva destes solos, analisada na Figura 4, em função do teor de matéria orgânica e do pH, mostrou uma interação definida entre estas variáveis (Lopes & Cox, 1977). Quando o pH foi menor que 5,5, não houve nenhuma relação entre a CTC efetiva e o teor de matéria orgânica destes solos. Entretanto, quando o valor de pH foi superior a 5,5, pode-se notar uma tendência de aumento marcante na CTC com o aumento do teor de matéria orgânica. Isto enfatiza, mais uma vez, a importância de uma calagem nestes solos para se atingir um adequado pH, no qual haverá uma apreciável dissociação dos grupamentos fenólicos e carboxílicos da matéria orgânica, e/ou hidrólise dos óxidos, oxi-hidróxidos e hidróxidos de Fe e Al, componentes comuns na fração argila destes solos. Aumentando-se o pH, aumentar-se-á também o número de sítios negativos e mais cátions poderão ser adsorvidos.

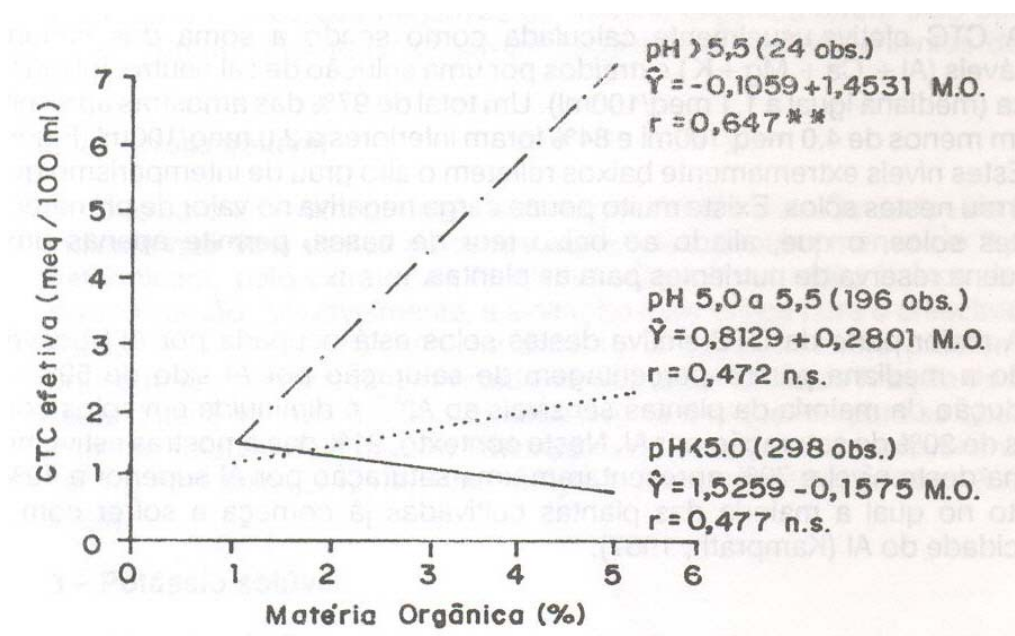


Figura 4 – CTC efetiva como função do teor de matéria orgânica a várias faixas de pH dos solos sob cerrado.

Fonte: Lopes & Cox (1977)

7 – Micronutrientes (Zn, Cu, Mn e Fe)

A distribuição de frequência para os micronutrientes Zn, Cu, Mn e Fe nestas amostras está representada na Figura 3. Não existem ainda dados experimentais sugerindo níveis críticos para a maioria dos micronutrientes nesta região. Todavia, interpretações tentativas serão apresentadas.

Pela experiência dos autores (Lopes & Cox, 1977), o valor de $1,0\mu\text{g/ml}$ tem sido sugerido como o nível crítico para Zn nestes solos, e, neste contexto, 95% das amostras analisadas estariam abaixo deste nível. Para a maior parte destes solos, o nível de Zn variou entre 0,5 e $0,8\mu\text{g/ml}$, indicando que este nutriente deverá, em muitos casos, vir a ser limitante ao desenvolvimento das culturas. A deficiência natural de Zn nestes solos tem sido confirmada em diversos experimentos de campo e em casa de vegetação (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982).

O valor da mediana para Cu solúvel foi $0,65\mu\text{g/ml}$. Ressalta-se que estudos específicos para avaliar o efeito deste micronutriente nas culturas, bem como para determinar o seu nível crítico no solo, são ainda escassos. Neste contexto, considerando-se $0,8\mu\text{g/ml}$ como nível crítico, observa-se que 58% das amostras apresentariam baixo teor de Cu solúvel. Muitos experimentos no campo e em casa de vegetação, envolvendo o Cu, incluíram também outros micronutrientes, o que torna difícil a separação dos efeitos específicos. Embora a condição atual da pesquisa relacionada ao Cu solúvel seja ainda incipiente, têm sido observadas boas produções em diversas culturas nesta região, sem a fertilização com Cu (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982).

Com relação ao manganês, existem, geralmente, duas situações favoráveis ao desenvolvimento de deficiência nos solos: (i) condições que permitam a transformação das formas oxidadas de manganês, com subsequente lixiviação, e (ii) deficiências induzidas por excesso de calagem (Cox, 1973). Salvo algumas exceções, nenhuma destas condições é comum nesta área, o que sugere ser pouco provável a existência de deficiência de Mn nestes solos. Para um pH de 6,0, o valor crítico de $5,0\mu\text{g/ml}$ tem sido proposto para Mn solúvel determinado pelo extrator de Mehlich 1 (Cox & Kamprath, 1973). Como a faixa de pH para a maioria destas amostras variou entre 4,8 a 5,2, então o nível crítico nestes deverá ser menor.

Não existem ainda estudos relacionados à avaliação do nível crítico de Mn para os solos desta região. Se o valor de $5,0\mu\text{g}$ de Mn/ml for utilizado como nível crítico, pode-se observar, pelos dados da Figura 3, que apenas 37% das amostras estariam abaixo deste valor. Isto sugere que a maior parte destes solos é bem suprida em Mn solúvel. A maioria dos experimentos de campo e em casa de vegetação envolvendo Mn, através da técnica do elemento faltante, não tem mostrado respostas positivas pela

adição deste micronutriente (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982). Em anos recentes, entretanto, deficiências de manganês induzidas por excesso de calcário e/ou incorporação inadequada, têm sido registradas (observação pessoal), e, nestes casos, não só a adição deste micronutriente, mas também a diluição do efeito da “supercalagem” mediante arações mais profundas podem apresentar resultados favoráveis.

Analogamente ao que ocorre para o Mn, os solos sob cerrado são também bem supridos em Fe solúvel. A maioria das amostras (58%) apresentou teores entre 25 e 40 $\mu\text{g Fe/ml}$. Deficiência de ferro não têm sido registrada com frequência na área do cerrado no Brasil, e fertilizantes contendo Fe não são geralmente incluídos nas formulações de fertilizantes para esta região. Ressalta-se também que muitos experimentos de campo e casa de vegetação não têm constatado respostas à utilização de fertilizantes contendo Fe (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982).

Alguns possíveis problemas de toxicidade de Mn ou Fe são restritos a pequenas áreas sob condições de chuvas contínuas e excessivas e/ou má drenagem local (observação pessoal).

8 – Outros nutrientes (N, S, B e Mo)

Nitrogênio (N), enxofre (S), boro (B) e molibdênio (Mo) não foram avaliados no trabalho de Lopes & Cox (1977). Entretanto, alguns comentários relacionados à disponibilidade destes nutrientes nos solos sob cerrado podem ser feitos baseando-se em diversos trabalhos sobre o assunto.

Malavolta & Kliemann (1985) estimaram que aproximadamente 32% da área de solos sob cerrado apresentam deficiência de N. Os autores assumiram um teor médio de N total de 0,09% e uma taxa de mineralização de 5% ao ano, nestes solos, sem que houvessem condições limitantes. Isto representaria uma disponibilidade de 135 Kg de N/ha/ano, o que, aparentemente, é consideravelmente alto. Entretanto, como existe nesta região uma série de condições limitantes ao processo de mineralização (estresse hídrico, baixo pH e deficiência generalizada de nutrientes), então a utilização de fertilizantes nitrogenados têm sido comum na maioria das culturas nesta área, exceção apenas da soja. Respostas consideráveis à utilização de N têm sido observadas para uma série de culturas nesta região (Freitas et al., 1963; Brito et al., 1971; Freitas et al., 1971; Coqueiro et al., 1972a; Lobato et al., 1972; Reis et al., 1974; Magalhães et al., 1978; Cunha et al., 1980; Grove et al., 1980).

Com relação ao enxofre, estima-se que aproximadamente 70% da região do cerrado apresente problemas de deficiência (Malavolta & Kliemann, 1985). Assumindo-

se uma relação N/S da matéria orgânica do solo igual a 10/1, então uma mineralização ideal de 135 Kg N/ha/ano corresponderia a apenas 13,5 Kg de S/ha/ano. Esta deficiência natural tende a ser ainda mais pronunciada em virtude de: (i) queima anual da vegetação de cerrado, que leva a perdas consideráveis de N e S; (ii) uso de fertilizantes concentrados, os quais, em geral, não carregam S na sua formulação. Diversos experimentos têm mostrado respostas positivas ao S nos solos sob cerrado (McClung et al., 1958; 1959;1961; Miyasaka et al., 1964; Freitas et al., 1964; Mascarenhas et al., 1967; Coqueiro et al., 1972b; Couto & Sanzonowicz, 1983; Couto et al., 1988). Com a finalidade de evitar problemas de aparecimento de deficiência de enxofre nestes solos, Couto & Ritchey (1986) sugerem uma aplicação de 15 a 30 Kg de S/ha/ano para suprir as necessidades da maioria das culturas.

Embora a grande maioria dos trabalhos de calibração envolvendo métodos de extração de enxofre tenham sido desenvolvidos em casa-de-vegetação, um nível crítico em torno de 10 ppm de $S-SO_4^{2-}$; extraído com $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ – 500 ppm de P, parece ser uma aproximação razoável (Kliemann, 1987).

Um ponto relevante com relação à análise de solo para $S-SO_4^{2-}$, é que a avaliação não deve se restringir apenas à camada superficial (0 a 20 cm). Face à movimentação do sulfato para as camadas sub-superficiais, também as profundidades de 20 a 40 e 40 a 60 cm devem ser amostradas e submetidas à análise (Lopes & Guilherme, 1990).

Além do N e do S, também o boro (B) apresenta-se como um nutriente limitante nestes solos, principalmente naqueles mais arenosos. Embora tenha sido estimado que 60% da região do cerrado apresente deficiência de B, respostas à utilização deste micronutriente não têm sido tão freqüentes quanto às observadas para o zinco (Malavolta & Kliemann, 1985). Não existem muitos trabalhos de pesquisa nestes solos mostrando respostas positivas à utilização de fertilizantes contendo boro. McClung et al. (1961) observaram aumentos de 80 a 90% na produção de algodoeiro em decorrência da utilização de fertilizantes contendo B, num dos primeiros experimentos envolvendo este micronutriente, no cerrado. Respostas positivas têm sido constatadas também em experimentos com trigo, não só em termos de aumento de produção, mas também com relação à redução de esterilidade masculina, conforme pode ser observado na Figura 5 (Silva & Andrade, 1982).

Deficiências de boro nestes solos parecem estar relacionadas mais diretamente à alta demanda de certas culturas (algodão, café, couve flor, repolho e outras brássicas) que à baixa disponibilidade natural. Arroz, milho, soja e mandioca não mostraram respostas ao B, pelo uso da técnica do elemento faltante (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982).

Uma estimativa da disponibilidade de boro nestes solos pode ser obtida pela utilização de 0,5 ppm de B extraído por água quente como um nível crítico aproximado para este micronutriente (Sousa, 1989; Lopes & Guilherme, 1990).

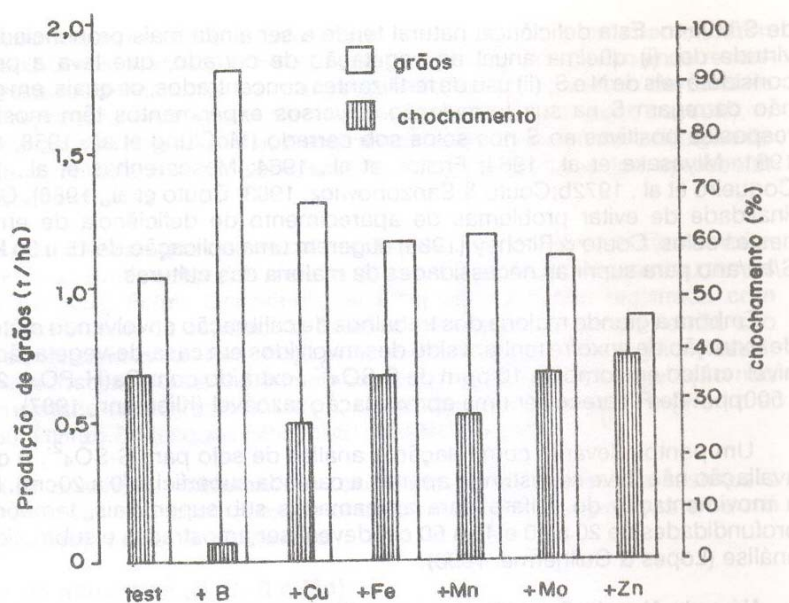


Figura 5 – Efeito de micronutrientes na produção e na esterilidade masculina do trigo (chochamento) em solo LV argiloso.
Fonte: Silva & Andrade (1982).

Quanto ao Mo, a grande maioria dos experimentos realizados incluíam também outros micronutrientes, não permitindo, assim, a avaliação de efeitos específicos (McClung et al., 1958; Mikkelsen et al., 1963; Brito et al., 1971; Freitas et al., 1972; França et al., 1973). Arroz, milho, soja e mandioca não apresentaram respostas positivas com relação a este micronutriente (Perim et al., 1980; Galvão & Mesquita Filho, 1981; EMBRAPA, 1982). Entretanto, Couto et al. (1988) observaram que o uso do Mo levou a aumentos de produção de matéria seca em pastagem de gramínea consorciada com leguminosas. Uma calagem adequada nestes solos parece ser uma prática suficiente para liberar o Mo necessário ao desenvolvimento da maioria das culturas, desde que haja suprimento deste micronutriente pelos constituintes do solo.

IV – ASPECTOS LIMITANTES RELACIONADOS AO ESTRESSE HÍDRICO

Além das condições de acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, os solos sob cerrado apresentam ainda outras importantes limitações relacionadas a solo e clima, as quais, por afetarem sobremaneira o desenvolvimento de uma agricultura intensiva, serão comentadas a seguir.

1 – Ocorrências de períodos secos durante a estação chuvosa (“veranicos”)

A alta probabilidade de ocorrência de períodos secos durante a estação chuvosa é uma das maiores limitações à produção de alimentos, num sistema de agricultura não irrigada, na região dos cerrados brasileiros.

Embora a duração, o período e o número de “veranicos” possam ser variáveis nesta região, pode-se verificar, pelos dados da Tabela 3, o quão sério é este problema numa área representativa próxima a Brasília, DF. Levando em consideração dados climáticos de 42 anos, Wolf (1975) estimou a probabilidade de ocorrência deste fenômeno e verificou que mesmo “veranicos” com duração de 8 dias, os quais tendem a ocorrer 3 vezes ao ano, podem afetar severamente a produção das culturas. Este autor concluiu ainda que somente 1 ano em cada 13 anos apresentaria uma adequada distribuição de chuvas.

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência de “veranicos” na região de Brasília, DF, e efeitos no teor de umidade de um Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso.

Dias de “veranico” consecutivos	Frequência de ocorrência em Brasília	Profundidade do solo (cm) que atinge o Ponto de Murcha Permanente (15bar)
8	3 / ano	40
10	2 / ano	50
13	1 / ano	65
18	2 / 7 anos	90
22	1 / 7 anos	110

Fonte: Adaptado de Wolf (1975)

2 – Baixa capacidade de retenção de água no solo

Os problemas de “veranicos” mencionados anteriormente tendem a ser agravados pela baixa capacidade de retenção de água dos solos sob cerrado. Lopes (1983) determinou os teores de água disponível, calculados pela diferença entre água retida a 1/10 bar e 15 bar, para diversas classes texturais de solos sob cerrado, e posteriormente, Reichardt (1985), com base nestes dados, estimou o armazenamento de água nestes solos. Este último autor verificou que, nas classes texturais areia e areia franca, o armazenamento médio seria de 6,9 mm H₂O/10 cm de profundidade de solo, enquanto que nas demais classes este seria, em média, de 11,1 mm/10 cm. Tais estimativas refletem a baixa capacidade de retenção de água destes solos, mesmo daqueles mais argilosos (Tabela 4).

Tabela 4 – Variação da água disponível (AD) para solos sob cerrado, em função da classe textural.

Argila (%)	Classe textural	Densidade global (g / cm ³)	Água disponível (AD)		
			Peso (%)	Volume (%)	mm / 10 cm
< 18	Areia Areia franca	1,4	4,9	6,9	6,9
18-35	Franco-argilo-arenosa	1,3	8,5	11,0	11,0
35-60	Argilo-arenosa Argila	1,2	9,8	11,8	11,8
>60	Argila pesada	1,2	9,1	10,9	10,9

Fonte: Reichardt (1985), adaptado de Lopes (1983).

Adicionalmente, assumindo uma certa homogeneidade de propriedades físicas em profundidade, e ainda, uma perda de água do solo por camadas sucessivas, Reichardt (1985) elaborou as Tabelas 5 e 6. Os dados constantes nestas fornecem o armazenamento máximo de água disponível em profundidade e o armazenamento residual de água disponível depois de 2, 4, 6,...n dias sem chuva (e sem irrigação) e com uma evapotranspiração média de 6 mm / dia. Assim, verifica-se que, em solos com teores de argila inferiores a 18% (Tabela 5), uma cultura que explorasse a camada de 0-30 cm já não teria água disponível após quatro dias sem chuva, enquanto que a mesma cultura, explorando a camada de 0-60 cm, teria ainda 17,5 mm de água disponível no quarto dia sem chuva (Reichardt, 1985).

A situação seria um pouco melhor para os solos francos ou argilosos (Tabela 6), mas a quantidade de água armazenada seria ainda baixa. Num sentido mais amplo, segundo Goedert (1983), apenas 6 a 8% da água do solo seria retida a tensões menores que 1 bar, e quase nenhuma água disponível estaria retida a altas tensões. Este mesmo autor menciona que mesmo os solos argilosos comportam-se similarmente aos arenosos com relação à retenção de água.

Tabela 5 – Armazenamento de água disponível em solos sob cerrado de classe textural areia e areia-franca (menos que 18% de argila).

Profun- didade (cm)	Armaze- namento máximo (mm)	Armazenamento residual (mm) após n dias sem chuva e evapotranspiração de 6 mm / dia							
		n = 2	n = 4	n = 6	n = 8	n = 10	n = 12	n = 14	n = 16
0-10	6,9	0	0	0	0	0	0	0	0
10-20	13,8	1,8	0	0	0	0	0	0	0
20-30	20,7	8,7	0	0	0	0	0	0	0
30-40	27,6	15,6	3,6	0	0	0	0	0	0
40-50	34,5	22,5	10,5	0	0	0	0	0	0
50-60	41,4	29,4	17,4	5,4	0	0	0	0	0
60-80	55,2	43,2	31,2	19,2	7,2	0	0	0	0
80-100	69,0	57,0	45,0	33,0	21,0	9,0	0	0	0
100-120	82,8	70,8	58,8	46,8	34,8	22,8	10,8	0	0
120-140	96,6	84,6	72,6	60,6	48,6	36,6	24,6	12,6	0

Fonte: Reichardt (1985)

Tabela 6 – Armazenamento de água disponível em solos sob cerrado de classe textural franco-argilo-arenosa até argila pesada (mais que 18% de argila).

Profun- didade (cm)	Armaze- namento máximo (mm)	Armazenamento residual (mm) após n dias sem chuva e evapotranspiração de 6 mm / dia								
		n = 2	n = 4	n = 6	n = 8	n = 10	n = 12	n = 14	n = 20	n = 24
0-10	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-20	22,2	10,2	0	0	0	0	0	0	0	0
20-30	33,3	21,3	9,3	0	0	0	0	0	0	0
30-40	44,4	32,4	20,4	8,4	0	0	0	0	0	0
40-50	55,5	43,4	31,5	19,5	7,5	0	0	0	0	0
50-60	66,6	60,6	48,6	36,6	24,6	12,6	0	0	0	0
60-80	88,8	76,8	64,8	52,8	40,8	28,8	16,8	4,8	0	0
80-100	111,0	99,0	87,0	75,0	63,0	51,0	39,0	27,0	0	0
100-120	133,2	121,2	109,2	97,2	85,2	73,2	61,2	49,2	13,2	0
120-140	155,4	143,4	131,4	119,4	107,4	95,4	83,4	71,4	35,4	11,4

Fonte: Reichardt (1985).

3 – Existência de barreiras químicas à penetração de raízes

Um terceiro componente importante relacionado ao estresse hídrico nos solos sob cerrado é a presença de barreiras químicas à penetração de raízes (alta saturação por Al e/ou baixo Ca). O restrito desenvolvimento do sistema radicular das culturas nos subsolos ácidos dos cerrados geralmente ocasiona baixas produções, pois o volume de solo explorado pelas raízes não é suficiente para suprir a planta de água e nutrientes durante os períodos de estiagem que ocorrem na estação chuvosa (Ritchey et al., 1980).

Uma revisão detalhada dos efeitos da toxicidade de Al e deficiência de Ca no desenvolvimento de raízes pode ser vista em Raij (1988), Ritchey et al. (1984) demonstraram que o crescimento das raízes das plantas torna-se limitado sob teores de Ca inferiores a 0,15 meq/100g de solo. Segundo Goedert (1987), em grande parte dos solos sob cerrado, a saturação por Al é quase sempre superior a 80% e os teores de Ca trocável inferiores a 0,2 meq/100g solo. Esta situação está ilustrada na Tabela 7, para a área do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Cerrado, próximo a Planaltina, DF. Ambos os solos apresentam baixos níveis de Ca trocável no perfil, mas o Latossolo Vermelho-Amarelo apresenta menor saturação por Al abaixo de 50 cm de profundidade. Neste contexto, verifica-se a importância da avaliação de parâmetros limitantes ao desenvolvimento radicular (pH, Al trocável, saturação por Al, Ca trocável) não só em amostras superficiais (0,20cm de profundidade), mas também nas profundidades de 20-40, 40-60, e, no caso de culturas perenes, até 60-80 cm (Lopes, 1983).

Tabela 7 – Algumas características físicas e químicas do perfil de um Latossolo Vermelho-Escuro (LEr) e de um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVr), na área do CPAC.

Perfil	Camada (cm)	Areia -----%-----	Silte	Argila	PH em H ₂ O	Al -----meq/100ml-----	Ca + Mg	K	Sat. Al (%)
LEr	0-10	36	19	45	4,9	1,9	0,4	0,10	79
	10-35	33	19	48	4,8	2,0	0,2	0,05	89
	35-70	35	18	47	4,9	1,6	0,2	0,03	88
	70-150	35	18	47	5,0	1,5	0,2	0,01	88
LVr	0-12	28	27	45	5,0	1,8	0,2	0,08	86
	12-30	26	30	44	5,0	1,4	0,2	0,05	87
	30-50	25	27	48	5,2	0,6	0,2	0,03	75
	50-85	24	28	48	4,9	0,01	0,2	0,02	5
	85-120	26	27	47	5,0	0,01	0,2	0,02	5

Fonte: Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo (1966).

V – TECNOLOGIA DE MANEJO PARA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS EM SOLOS SOB CERRADO

Baseado no que já foi relatado sobre as limitações de fertilidade, problemas nutricionais e de estresse hídrico nos solos sob cerrado, procura-se, neste tópico, discutir as tecnologias de manejo desenvolvidas nos centros de pesquisas, bem como aquelas já em uso por grande parte dos agricultores desta região.

Neste contexto, duas considerações feitas por Goedert (1987) merecem ser ressaltadas:

1. Mesmo que sejam encontradas plantas tolerantes às condições nativas, a remoção de um número limitado de culturas levará ao esgotamento de grande parte dos nutrientes disponíveis no solo, e, como todos os minerais primários que lhes deram origem já foram intemperizados, então o solo rapidamente se tornará não produtivo.

2. Provavelmente, qualquer cultura tolerante aos níveis de fertilidade nativos terá um baixo potencial de produção, bem como baixa taxa de crescimento. Assim sendo, a sustentação da produção sem a utilização de fertilizantes e calcário parece ser inviável a longo prazo. A reciclagem dos nutrientes também parece ser ineficaz, pois esta raramente ocorre em quantidades adequadas; perdas de nutrientes pelas colheitas são inevitáveis. O fato de não haver essencialmente a prática de agricultura itinerante nos solos ácidos dos Llanos e dos Cerrados, suporta a hipótese acima.

Conseqüentemente, a produção de alimentos nesta região requer alta utilização de calcário e fertilizantes.

1 – Calagem

Segundo Goedert (1987), as limitações impostas pela acidez do solo podem ser solucionadas mediante a união dos esforços das áreas de melhoramento de plantas e de manejo do solo. Diversos trabalhos envolvendo o melhoramento e a seleção de variedades de diversas culturas e de algumas espécies de pastagens tolerantes ao Al têm sido feitos e alguns bons resultados vêm sendo obtidos (Sanchez & Salinas, 1981).

Com relação ao manejo do solo, a primeira prática necessária ao cultivo de plantas não tolerantes à acidez é a calagem. Diversos trabalhos têm mostrado os efeitos positivos da calagem em solos sob cerrado (Lathwell, 1979; Miranda et al., 1980; Lopes, 1983).

Além de provocar mudanças no pH, Ca, Mg e Al e aumentar a atividade biológica e a eficiência dos fertilizantes, a calagem nestes solos resulta ainda em: i) aumentos das cargas dependentes de pH e, conseqüentemente, da CTC; ii) diminuição na capacidade de adsorção de fósforo; iii) indução, dependendo da quantidade e profundidade de incorporação, de um maior desenvolvimento do sistema radicular em profundidade (Lopes, 1983; Goedert, 1987). Estes efeitos são extremamente importantes para estes solos.

As necessidades de calcário (N.C.) médias nestes solos são da ordem de 3 a 4t/ha, devendo este ser incorporado o mais profundamente possível. Estas necessidades têm sido, geralmente, estimadas pela seguinte fórmula:

$$(a) \text{ N.C. (t/ha)} = (2 \times \text{meq Al/100ml}) + (2 - \text{meq Ca} + \text{Mg/100ml}).$$

Segundo Sousa et al. (1989) a aplicação desta fórmula é recomendável para solos com teor de argila maior que 20% e teor de Ca + Mg menor que 2,0 meq/100ml. Esta resulta, em geral, num aumento de pH a valores entre 5,5 e 6,0 e eleva a saturação por bases (V%) para valores médios de 49%.

Vale ressaltar, entretanto, que, em algumas situações, a utilização indiscriminada da fórmula (a) tende a recomendar muito calcário para solos arenosos com baixa CTC (< 4,0 meq/100ml) e pouco calcário para solos com alta CTC (> 12 meq/100ml) (Sousa et al., 1989).

Para solos com teor de argila maior que 20% e teor de Ca + Mg maior que 2,0 meq/100ml, a necessidade de calcário é estimada por:

$$(b) \text{ N.C. (t/ha)} = 2 \times \text{meq Al/100ml}.$$

Em solos com teor de argila menor que 20% o cálculo é feito pela aplicação das seguintes fórmulas:

(c) N.C. (t/ha) = 2 x meq Al/100ml ou N.C. (t/ha) = 2 – meq Ca + Mg/100ml, utilizando-se a maior recomendação.

Os valores de pH atingidos pela aplicação das fórmulas (a), (b) ou (c) permitem a neutralização da maior parte do Al trocável e, por outro lado, não são suficientes para induzir deficiência de alguns micronutrientes, especialmente Zn e Mn (Goedert, 1987).

Caso hajam possíveis deficiências de micronutrientes e estas sejam solucionadas mediante a aplicação de doses recomendadas pela pesquisa, poder-se-á obter alguns benefícios adicionais em decorrência da elevação do pH a valores acima de 6,0, valores

estes geralmente atingidos pela utilização do método de elevação da saturação por bases (Quaggio et al., 1983).

A necessidade de calcário (N.C.), nesse caso, é calculada pela fórmula:

$$\text{N.C. (t/ha)} = \frac{T (V_2 - V_1)}{100}, \text{ onde:}$$

T = CTC a pH 7,0 (meq/100ml);

V₂ = saturação por bases recomendada para a cultura em questão (%);

V₁ = saturação por bases da CTC a pH 7,0 (%)

Cabe enfatizar, neste contexto, a necessidade de estudos de calibração para obtenção dos valores de V₂ para as diversas culturas na região dos cerrados. Por exemplo, maiores produtividades para a cultura da soja no cerrado vêm sendo obtidas com uma saturação por bases em torno de 50% (Sousa, 1989).

Vale ressaltar que, independentemente do método usado para determinar a dose de calcário a ser aplicada, deve-se fazer a correção em função do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) conforme explicado nos Boletins N° 1 e N° 2 da ANDA.

Outro ponto que merece ser ressaltado, com relação à calagem, é o que diz respeito à profundidade de incorporação. Assim, verifica-se pelos dados apresentados na Figura 6, referentes a sete cultivos (5 de milho, 1 de sorgo e 1 de soja), que o rendimento total das culturas foi praticamente dobrado pela aplicação de 2 t/há de calcário, tendo sido observados resultados positivos até a dose de 8 t/ha, a qual correspondeu à de Máxima Eficiência Econômica (Goedert, 1983). Observa-se, entretanto, que a incorporação de 4 t/ha de calcário na camada de 0-30 cm proporcionou rendimentos superiores àqueles obtidos pela incorporação de 8 t/ha na profundidade de 0-15 cm. Tais resultados são corroborados por outros, obtidos em experimentos de campo (Mikkelsen et al., 1963; Soares et al., 1975; Freire, 1982).

Nos últimos anos, grandes áreas da região dos cerrados têm sido cultivadas em sistemas de plantio direto (plantio na palha) ou cultivo mínimo. Esses sistemas, por conceituação básica, implicam em não utilizar técnicas convencionais de preparo do solo (aração, gradagem, etc.).

Antes de iniciar o sistema de plantio direto, é necessário fazer uma calagem bem feita (em geral para elevar a saturação de bases a 70%), incorporada à maior profundidade possível, e utilizando um calcário de granulação mais grosseira para prolongar o efeito residual. Após o início do processo, duas alternativas parecem viáveis para proceder nova prática da calagem:

A) Para solos arenosos – ao invés de esperar 3 a 4 anos para a repetição dessa prática, fazê-la anualmente, com pequena dose, de preferência utilizando num produto finalmente moído, aplicado superficialmente sem incorporação. A dose anual, nesse caso, é no mínimo a calculada em função das doses de adubos nitrogenados aplicados nos sistemas de rotação de culturas.

B) Para solos de texturas média ou argilosa – fazer correção da acidez a cada 4-5 anos, na dose calculada pelo método convencional (para corrigir no mínimo a camada de 0-20 cm), incorporar o calcário com as operações normais de aração e gradagem, seguindo 4-5 anos de plantio direto e assim sucessivamente.

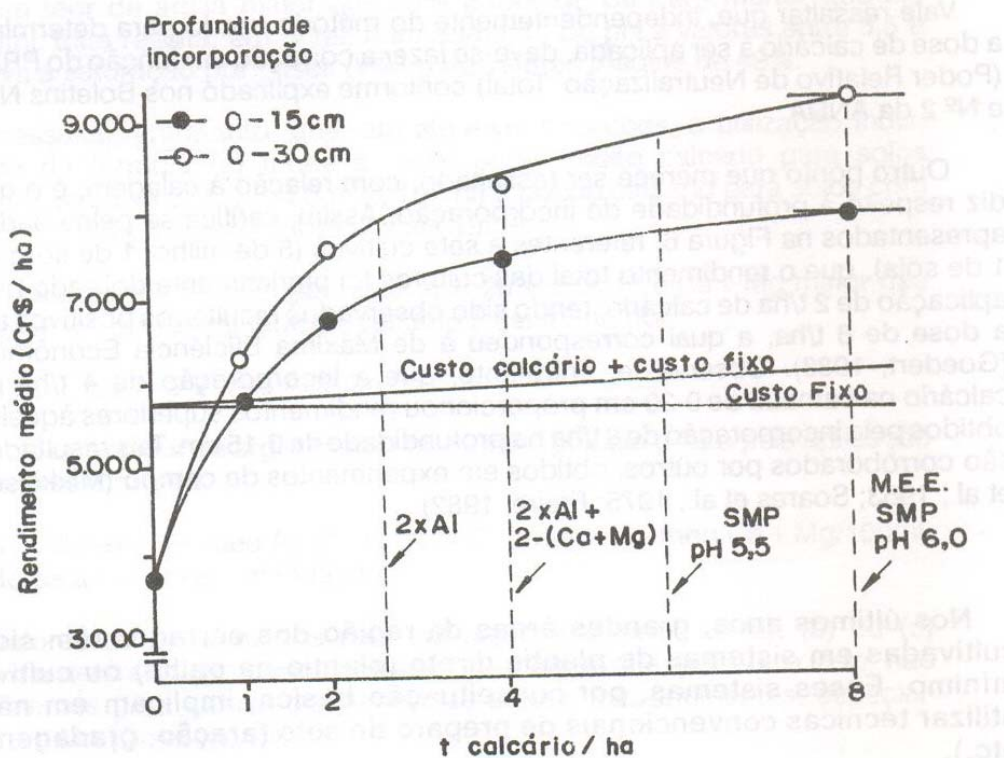


Figura 6 – Rendimento médio (Cr\$/ha) de cinco cultivos de milho, um de sorgo e um de soja em função de níveis de calcário aplicados em 1972, em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. M.E.E. = Máxima Eficiência Econômica. Fonte: Miranda et alii (1980).

2 – Adubação fosfatada corretiva

A adubação fosfatada corretiva nestes solos, os quais apresentam níveis extremamente baixos de P disponível (média de 0,4 $\mu\text{g P/ml}$; método de Mehlich 1) e alta capacidade de fixação de P, têm se constituído como passo crucial para a obtenção de adequados rendimentos econômicos em curtos períodos de tempo.

Muitos experimentos têm sido desenvolvidos na região do cerrado para estudar métodos e níveis de aplicações de fertilizantes fosfatados, e, neste contexto, diversas revisões foram publicadas (Lathwell, 1979; Sanchez & Salinas, 1981; Goedert, 1983; Lopes, 1983). Considerando-se resultados a longo prazo, a produção cumulativa têm sido função, mais especificamente, do nível de P aplicado que do método de aplicação do fertilizante fosfatado (Goedert, 1987). Usualmente, aplicações de doses mais elevadas a lanço têm proporcionado maiores rendimentos que aquelas localizadas, nos primeiros cultivos, tendo em vista o maior desenvolvimento radicular proporcionado pela primeira prática, condição essa que atinge maior relevância quando da ocorrência de “veranicos”. Com cultivos subseqüentes este efeito desaparece, pois os fertilizantes aplicados localizadamente passam a ser misturados com o resto da camada superficial do solo. Na prática, entretanto, os agricultores tendem a aplicar o fertilizante no sulco de plantio, ou seja, de forma localizada (Goedert, 1987).

Vale ressaltar que, por ocasião da abertura de novas áreas para a produção de grãos, a combinação de aplicações de adubação fosfatada corretiva a lanço e posteriores adubações de manutenção no sulco de plantio é recomendada (Lopes, 1983; Lobato et al., 1986). Os níveis indicados para aplicações iniciais a lanço podem ser obtidos através do teor de argila destes solos, visto que há boas correlações entre este parâmetro e os teores de P indicados para adubação fosfatada corretiva. Neste contexto, as recomendações situam-se entre 3 a 5 kg de P_2O_5 solúvel para cada 1% de argila, quando se deseja atingir o teto de produção proposto, dentro do prazo de 3 anos após a incorporação (Lopes, 1983). Para culturas de grãos e cana-de-açúcar, a utilização de fontes solúveis de fertilizantes fosfatados (i.e. superfosfato simples, superfosfato triplo e termofosfato) após uma adequada calagem destes solos, têm sido constatada como mais eficiente. Estes produtos são geralmente aplicados a lanço e incorporados antes do plantio, havendo ainda aplicações anuais, de forma localizada, em torno de 60 kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$.

A importância de uma adequada adubação fosfatada corretiva que possibilite a utilização de doses mais elevadas de fósforo pode ser inferida a partir dos dados da Figura 7. A pesquisa indica que, com uma adequada utilização de fertilizantes fosfatados, as produtividades de trigo, soja e milho poderiam até mais do que duplicar (Wagner, 1986).

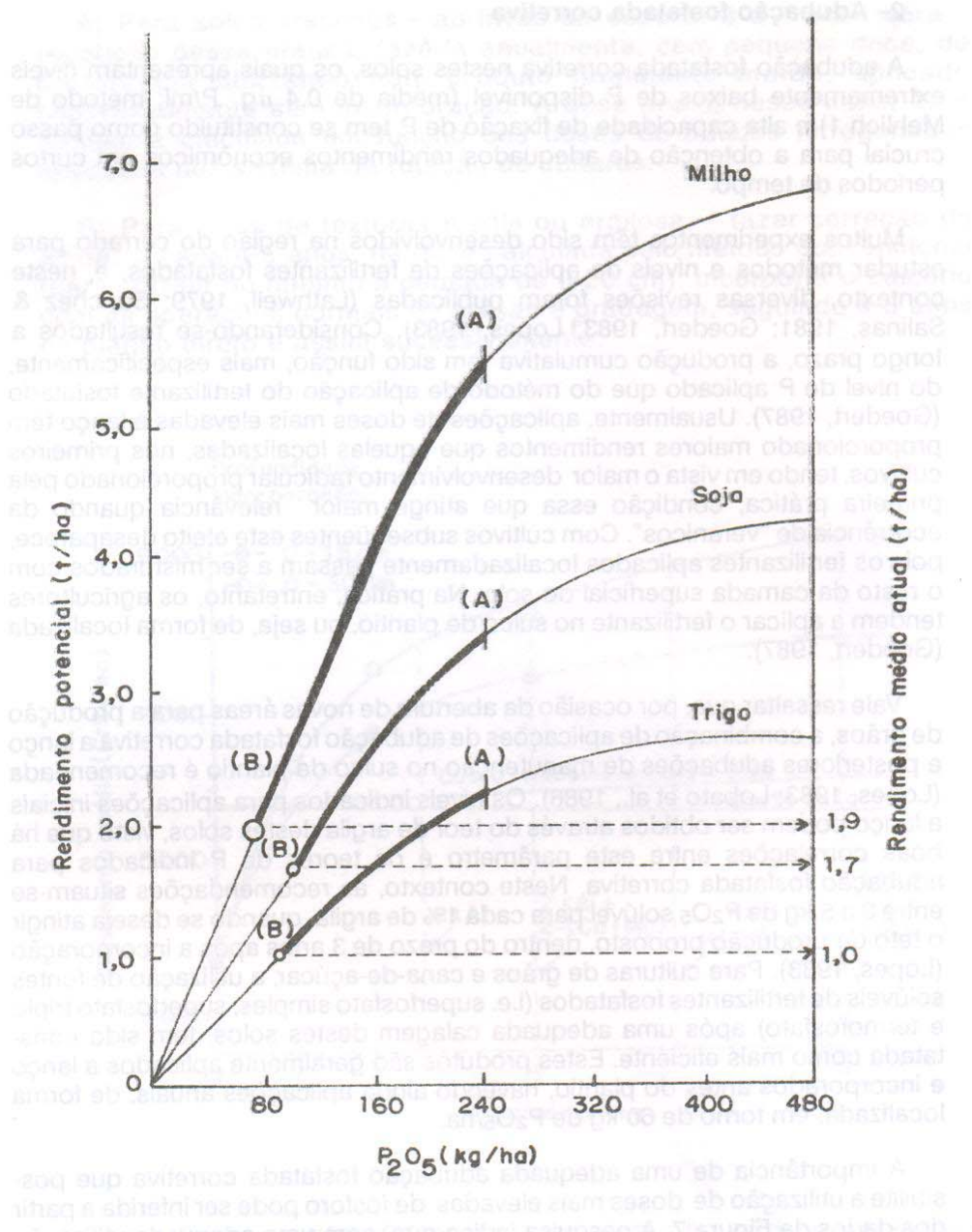


Figura 7 – Produtividades potenciais (A) e médias (B) da agricultura de sequeiro, em função da adubação fosfatada corretiva.
 Fonte: Wagner (1986).

Tabela 8 – Recomendação da adubação fosfatada corretiva (kg de P₂O₅/ha) para a cultura de soja nos cerrados.

Teor de argila (%)	Adubação corretiva total		Adubação corretiva gradual	
	P muito baixo	P baixo	P muito baixo	P baixo
61-80	240	120	100	90
41-60	180	90	90	80
21-40	120	60	80	70
≤20	100	50	70	60

Fonte: Sousa (1989)

Tabela 9 – Interpretação da análise de solo para recomendação da adubação fosfatada da soja (fósforo extraído pelo método Mehlich 1), nos cerrados.

Teor de argila (%)	Teor de P (ppm)			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom
61-80	0-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	> 3,0
41-60	0-3,0	3,1-6,0	6,1-8,0	> 8,0
21-40	0-5,0	5,1-10,0	10,1-14,0	> 14,0
≤20	0-6,0	6,1-12,0	12,1-18,0	> 18,0

Fonte: Sousa (1989).

Mais recentemente, Sousa (1989) apresentou alternativa à aplicação do conceito clássico da adubação fosfatada corretiva para a cultura da soja, as quais, com as devidas adaptações, podem ser extrapoladas para outras culturas produtoras de grãos nos cerrados. Conforme ilustrado na Tabela 8, além da adubação fosfatada corretiva total – conceito clássico – são apresentadas sugestões de doses de fósforo para adubação corretiva gradual, levando-se em conta a classe textural do solo e a disponibilidade de fósforo pelo método Mehlich 1. Os critérios para interpretação da análise de fósforo e a tomada de decisão da adubação corretiva, são apresentados na Tabela 9, aos quais acrescentam-se as seguintes recomendações do autor (Sousa, 1989).

a) Aplicar as doses de adubação corretiva total maiores que 100 kg de P₂O₅/ha a lanço e incorporar à camada arável. Doses inferiores a 100 kg de P₂O₅/ha devem ser aplicadas no sulco de plantio;

b) A adubação corretiva gradual é aplicada no sulco de plantio, numa dose superior à aplicada para a adubação de manutenção, até que num período máximo de seis anos o solo apresente teores de fósforo, médio ou bom;

c) A adubação fosfatada de manutenção (ou de plantio) é indicada quando o nível de fósforo está classificado como médio ou bom. A dose recomendada é de 20 kg de P_2O_5 por expectativa de tonelada a produzir, aplicada no sulco de plantio.

Ainda com relação à adubação fosfatada, cabe mencionar a utilização dos fosfatos naturais. Devido à baixa reatividade da maioria das rochas fosfatadas brasileiras (Smyth & Sanchez, 1982; Goedert & Lobato, 1984; Goedert & Lopes, 1988), a sua utilização não tem sido indicada para a produção de grãos. Estas fontes são, geralmente, recomendadas para aplicação direta apenas em abertura de novas áreas com cultivo de arroz de sequeiro por 1 a 3 anos, seguido de pastagens com espécies tolerantes à acidez, ou, ainda, diretamente na produção de pastagens. Como a calagem reduz ainda mais a eficiência agrônômica destes fosfatos naturais, recomenda-se, nestes casos, que esta seja feita com apenas um quarto da dose normal indicada, visando, basicamente, ao fornecimento de Ca e Mg às plantas.

3 – Melhoria do ambiente radicular no subsolo

O grande desafio para a produção de grãos nos solos sob cerrado é aumentar o desenvolvimento radicular em profundidade, com a finalidade de reduzir o grau de risco decorrente da existência de “veranicos” durante a estação chuvosa.

Conforme mencionado anteriormente, a existência de barreiras químicas associadas com a baixa capacidade de retenção de água destes solos faz com que apenas um pequeno volume de solo seja explorado pelas raízes. A solução alternativa, através do melhoramento de plantas, tem sido importante mas de valor limitado, visto que as limitações químicas no subsolo são, geralmente, muito severas (Goedert, 1987). Deste modo, a solução para este problema está intimamente relacionada a um esquema de manejo do solo. Segundo Lopes (1983) e Goedert (1987), existem, para isso, duas alternativas: (a) incorporação profunda de calcário (e, possivelmente, fósforo); e (b) promoção do movimento descendente de Ca e Mg no perfil do solo.

Conforme foi mostrado anteriormente (Figura 6), nos tratamentos em que calcário foi incorporado numa maior profundidade, os rendimentos foram superiores àqueles obtidos pela incorporação menos profunda. Esta primeira prática, entretanto, é limitada pelos altos custos decorrentes da incorporação de calcário abaixo da camada arável. Por outro lado, a promoção de uma “lixiviação controlada” de Ca e Mg pode produzir resultados positivos. Neste contexto, a simples adição de calcário em altos níveis poderia provocar o movimento descendente do Ca e Mg com conseqüente

redução na saturação por Al, devendo ser ressaltado, entretanto, que este processo necessita de mais de 3 anos para produzir os efeitos desejados (Sanchez & Salinas, 1981; Raij et al., 1982; Quaggio et al., 1982; Quaggio et al., 1985).

Segundo Goedert (1987), a velocidade de movimentação descendente dos cátions no perfil de solo está intimamente relacionada com o tipo de ânion acompanhante. A movimentação do Ca e do Mg acompanhados do sulfato não é tão rápida quanto a com nitrato ou cloreto, mas também não tão lenta quanto aquela decorrente do acompanhamento com os ânions fosfato, carbonato ou silicato. Este ponto justificou o grande número de experimentos de campo e casa-de-vegetação, envolvendo o gesso (um subproduto da produção do ácido fosfórico) como um melhorador de ambiente radicular no subsolo, conforme revisto por Raij (1988). De acordo com esta revisão, o gesso, ou sulfato de cálcio, é um sal solúvel que, ao contrário de calcário, penetra no subsolo. O efeito mais direto no subsolo, decorrente da sua utilização, é o aumento do Ca, que provoca um decréscimo na saturação por Al, por um efeito de diluição, podendo haver ainda, uma redução no Al trocável.

Algumas implicações práticas desta tecnologia de manejo podem ser vistas nos dados da Tabela 10 e da Figura 8. Estes dados, bem como aqueles provenientes de outros estudos, têm sido úteis para explicar porque, em áreas onde foi utilizado o superfosfato simples como fonte de P, as plantas apresentavam um maior desenvolvimento de raízes em profundidade, quando comparadas àquelas onde a fonte de P era o superfosfato triplo. O superfosfato simples apresenta cerca de 50% do seu peso na forma de gesso.

Uma primeira aproximação para identificar solos alta probabilidade de sucesso quando do uso de gesso como melhorador do ambiente radicular do subsolo foi desenvolvida por Lopes (1986). Para áreas onde o subsolo apresenta teores de Ca iguais ou menores que 0,3 meq/100ml, e/ou de Al iguais ou maiores que 0,5 meq/100ml, e/ou mais do que 30% da CTC efetiva saturada por Al, este procedimento tem sido recomendado com sucesso. Cabe mencionar que, para a avaliação desses parâmetros, torna-se indispensável e coleta de amostras não apenas na camada superficial (0-20cm) mas também nas camadas sub-superficiais (20-40cm; 40-60cm e, às vezes, até 60-80cm).

As doses de gesso são, geralmente, em torno de 25 a 30% das necessidades de calcário calculadas (com base no teor de CaO deste). A combinação de aplicação profunda de calcário com uso do gesso, em doses variando entre 0,5 a 3,0 t/ha, dependendo principalmente da textura do solo, do teor de matéria orgânica, da proporção do Ca em relação a outros cátions e da espécie de planta, tem sido confirmada como uma “ferramenta” eficiente para aumentar o desenvolvimento radicular em profundidade nestes solos. O conhecimento da CTC do solo, aliado ao fato de que são necessárias cerca de 2t/ha do gesso para elevar em 1 meq/100ml o teor de

cálcio numa camada de 20 cm de solo, são informações de grande importância na tomada de decisão da dose a ser utilizada. Neste contexto, deve ser lembrado que o ges-

Doses de gesso (t/ha)	Estação seca 1982 (milho)		Estação chuvosa 1982/83 (soja)	Estação seca 1983 (milho)		Estação chuvosa 1983/84 (soja)
	Dias sem irrigação			Dias sem irrigação		
	0	21		0	21	
0	3.503	1.710	2.823	4.201	2.823	2.556
2	-	2.770	2.827	-	3.219	2.694
4	-	2.820	2.894	-	4.049	2.769
6	4.166	3.106	2.754	6.052	4.941	2.654

Fonte: Carvalho et al. (1986).

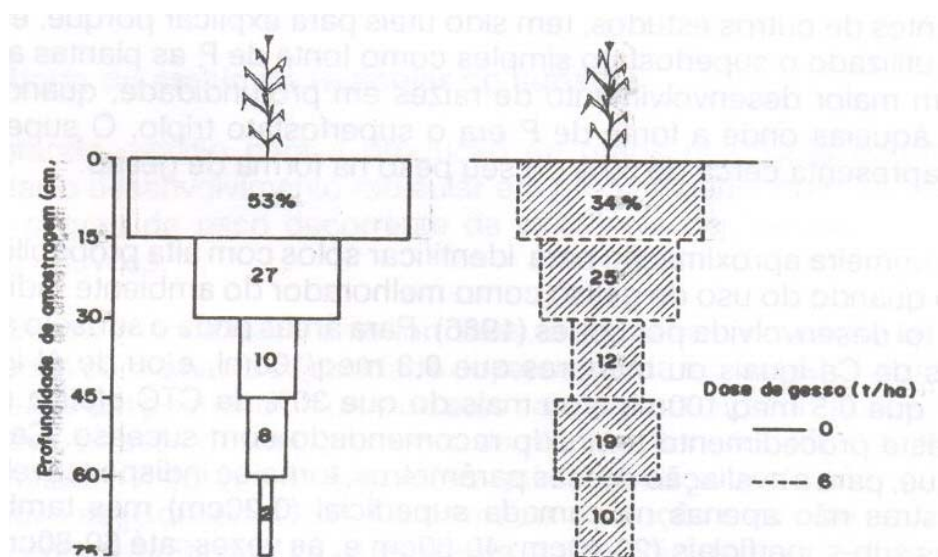


Figura 8 – Distribuição relativa de raízes de milho em Latossolo argiloso do Brasil Central, com e sem a aplicação de gesso.
Fonte: Sousa & Ritchey (1986).

so, ao contrário do calcário, que fica predominantemente retido na camada arável, se redistribui no perfil do solo, o que, em alguns casos, pode justificar a utilização de doses mais elevadas.

Dosagens de gesso baseadas na textura do solo têm sido propostas como sendo de 500, 1000, 1500 e 2000 kg/ha para solos de textura arenosa (até 15% de argila), média (entre 16 e 35% de argila), argilosa (entre 36 e 60% de argila) e argila pesada (acima de 60% de argila), respectivamente (CFSEMG, 1989; Sousa, 1989).

Assim, conhecendo-se o teor de argila do solo, uma aproximação destas recomendações, porém, com uma maior flexibilidade, poderia ser dada pela utilização da expressão sugerida abaixo:

$$\text{Dose de gesso (kg/ha)} = 300 + (20 \times \% \text{ argila})$$

Como exemplo, por esta fórmula, as doses de gesso recomendadas para um solo com 10% de argila e outro com 50% de argila, seriam, respectivamente 500 e 1300 kg/ha. Essas doses visam a melhoria do ambiente radicular na camada de 20 a 40 cm.

Mais recentemente, Sousa et al., 1992, desenvolveram uma série de equações para recomendar doses de gesso agrícola para melhoria da camada de 20 a 60 cm dos solos sob cerrado, com base em diversos parâmetros. Apesar de os coeficientes de determinação (R^2) para avaliação das doses de gesso, em função dos teores de argila, serem menores em comparação com outros parâmetros, a praticidade do uso da percentagem de argila, nessas equações, justifica o seu uso:

A) Com base na quantidade de S retida para manter 10 ppm de S na solução
$$\text{NG (kgS/ha)} = 17,0 + 6,508 \times \text{argila (\%)} \quad R^2 = 0,79$$

B) Com base na quantidade de Ca retida para manter 0,0788 meqCa/100ml de solução
$$\text{NG (kgCa/ha)} = 17,2 + 8,123 \times \text{argila (\%)} \quad R^2 = 0,84$$

C) Fórmula simplificada mais pática
$$\text{NG (kg gesso/ha)} = 50 \times \text{argila (\%)}$$

Observações:

a) As fórmulas A), B) e C) são consideradas para a camada de 20 a 60 cm. Para culturas perenes, considerando a camada de 20 a 80 cm, multiplicar os resultados obtidos por 1,5.

b) Atentar para o fato de que as fórmulas A) e B) são para a necessidade de S e Ca por hectare, respectivamente. Para obter o equivalente em kg de gesso/ha, levar em conta que o gesso agrícola apresenta, aproximadamente: 15% de S e 18,7 de Ca. A fórmula C) já calcula a necessidade de gesso agrícola por hectare.

Conforme foi mencionado anteriormente, estas doses podem ser aumentadas se for considerada a facilidade de distribuição do produto numa maior camada de solo, o que já não acontece com o calcário. Vale ressaltar, uma vez mais, que um ponto relevante a ser considerado, quando da avaliação da melhor dose a ser utilizada, é o monitoramento das análises de solo nas camadas mais profundas, a fim de que se possa avaliar a redistribuição do produto no perfil do solo.

4 – Adubação potássica corretiva

Em algumas situações específicas de solos com mais de 20% de argila e pobres em potássio, pode ser recomendável proceder a uma adubação potássica corretiva à lanço, visando à correção total e imediata dessa deficiência. Para solos com menos de 20% de argila, a correção total não é recomendada pois a baixa CTC destes pode levar a perdas acentuadas de K por lixiviação (Sousa, 1989).

À semelhança do anteriormente mencionado para a adubação fosfatada corretiva (Sousa, 1989), também a adubação potássica corretiva pode ser feita de maneira gradual, através de aplicações anuais de doses de K_2O superiores àquelas recomendações pela adubação de manutenção realizada no sulco de plantio. As arações e gradagens em

Tabela 11 – Recomendação de doses de K_2O (kg/ha) para adubação potássica corretiva total ou gradual para a cultura da soja em solos sob cerrado.

Interpretação	Teor de K trocável (ppm)		Adubação corretiva	
	Argila < 20%	Argila > 20%	Total (se argila > 20%)	Gradual
	----- K_2O (kg/ha)-----			
Baixo	<15	<25	100	70
Médio	16-30	26-50	50	60
Bom*	>30	>50	0	0

* Após se atingir esse nível recomenda-se uma adubação de manutenção de 20 kg de K_2O para cada tonelada de soja que se espera produzir.

Fonte: Adaptado de Sousa (1989).

anos subseqüentes permitem a mistura do K residual à camada arável, possibilitando, com o passar de 4 a 5 anos, que o solo atinja um nível bom de K trocável em toda a camada arável.

As doses recomendada para adubação potássica corretiva (total ou gradual) para a cultura da soja no cerrado em função da disponibilidade de potássio, de acordo com Sousa (1989), estão resumidas na Tabela 11.

Outra forma de se calcular a dose de K_2O para aplicação a lanço, dentro do conceito de adubação potássica corretiva total, é calcular essa dose visando a atingir 3 a 5% da CTC a pH 7,0 saturada por K. Para fazer esse cálculo o leitor deve consultar o Boletim Técnico N°2 da ANDA: Interpretação de Análise de Solo-Conceitos e Aplicações. Para facilidade no cálculo é bom lembrar que para se elevar em 0,01 meq K/100ml o teor de potássio na análise de solo, deve-se aplicar 9,4 kg de K_2O /ha a lanço e incorporá-lo na camada de 0 a 20 cm.

5 – Adubação corretiva com micronutrientes

Embora não seja comum, o conceito da construção da fertilidade dos solos sob cerrado pode incluir, também, a adubação corretiva com micronutrientes, que consiste na aplicação a lanço daqueles micronutrientes com maiores possibilidades de apresentar problemas de deficiência em uma dada região.

No Estado de Goiás (CFSG, 1988), esta recomendação é feita incluindo 6 kg de zinco, 1 kg de boro, 1 kg de cobre e 0,25 kg de molibdênio, por hectare, com distribuição a lanço, e repetição a cada 4 ou 5 anos. Como consulta sobre o uso adequado de micronutrientes, recomenda-se a leitura do Boletim Técnico n° 4 da ANDA: “Uso Eficiente de Fertilizantes – Aspectos Agronômicos”.

Nos últimos anos várias, misturas de micronutrientes (Zn, B, CU, Fe, Mn e Mo), principalmente em forma de fritas, têm sido, colocadas no mercado, com especificidade de fórmulas de acordo com as necessidades de determinadas regiões micro. Estas misturas são adequadas para serem utilizadas dentro do conceito de construção da fertilidade do solo em relação a micronutrientes.

Sugestões de níveis críticos, para interpretação de disponibilidades de alguns micronutrientes, situam-se em torno de: zinco = 1 ppm; cobre = 0,8 ppm; manganês (a pH 6,0) = 5 ppm, todos no extrator Mehlich 1 (HCl 0,05 + H_2SO_4 0,025 N); ferro = 2,5 ppm no extrator DTPA e boro = 0,5 ppm extraído com água quente (CFSG; 1988; Lopes & Guilherme, 1989; Sousa, 1989).

6 – Adubações de manutenção

O conceito moderno de adubação em solos extremamente pobres, como os sob cerrado, envolve as adubações corretivas, que levam à construção da fertilidade do solo, e as adubações de manutenção, que realizadas por ocasião de cada cultivo, ajudam a manter os níveis de fertilidade alcançados pelas adubações corretivas.

A importância de uma adubação de manutenção balanceada e adequada é indiscutível, conforme ilustra a Figura 9.

Tanto nas adubações corretivas quanto nas adubações de manutenção, é imprescindível o uso dos diversos instrumentos de diagnose, quais sejam: análise de solos, análise foliar, testes de tecidos, diagnose visual, fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes e histórico da área.

O uso inteligente destes instrumentos e a adoção de adequadas práticas de manejo para minimizar as perdas e aumentar a eficiência das adubações (Boletim Técnico N°4 da ANDA – Uso Eficiente de Fertilizantes – Aspectos Agronômicos) irão, certamente, contribuir para aumentar a rentabilidade da atividade agropecuária nos cerrados.

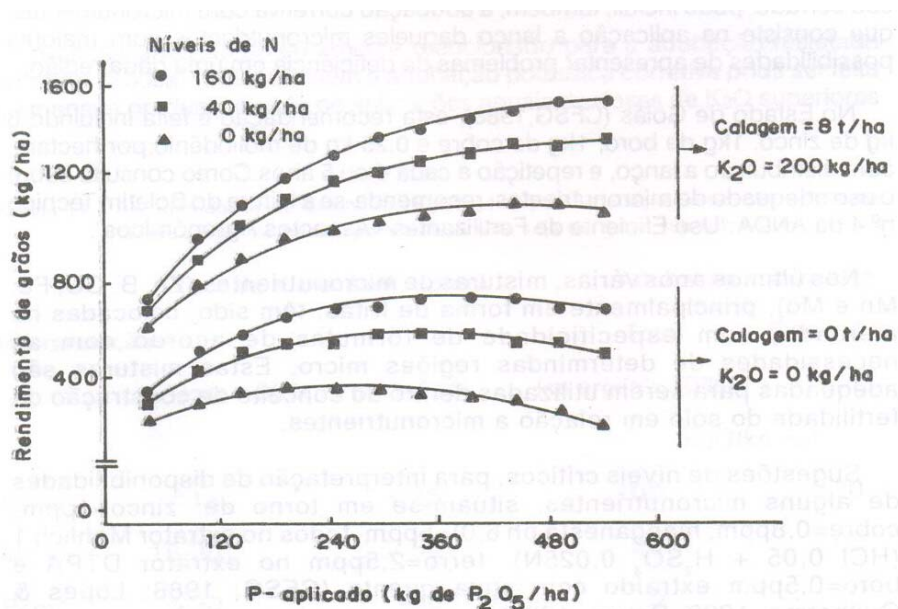


Figura 9 – Produção de trigo sob irrigação, em resposta a doses de fósforo, em diferentes níveis de adubação nitrogenada, e dois níveis de adição de calcário e potássio, em solo LE.

Fonte: P.I.M. Souza (informação pessoal)

7 – Outras práticas

Como práticas adicionais necessárias á efetivação do quadro de produção agrícola nestes solos, cabe mencionar: uso de espécies e variedades tolerantes a este ecossistema; controle de pragas, doenças e ervas daninhas; conservação do solo; e, preservação da matéria orgânica do solo, quer seja através de adubação orgânica e adubação verde, quer seja com adoção de outras práticas afins (cobertura morta, rotação de culturas, cultivo mínimo e/ou plantio direto – quando aplicável, consorciação de culturas, manejo adequado dos restos culturais etc.)

Considerando-se que, sob manejo inadequado e cultivo intensivo, os solos sob cerrado, notadamente os mais arenosos, podem ter o seu teor de matéria orgânica reduzido a níveis baixíssimos em poucos anos, então, ênfase maior será dada a alguns aspectos ligados à preservação e/ou elevação da matéria orgânica do solo, os quais são essenciais para a manutenção do processo produtivo da agricultura nesta região.

Cabe ressaltar de inicio, que apesar da matéria orgânica não ser indispensável às culturas (visto que as plantas podem ser cultivadas usando-se apenas produtos inorgânicos, como é feito em escala comercial nos cultivos hidropônicos de hortaliças em países de clima temperado), os seus efeitos benéficos no solo podem melhorar sensivelmente a eficiência dos fertilizantes minerais. Dentre estes efeitos, destacam-se (Lopes, 1989):

- a) elevação da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo;
- b) liberação lenta de fósforo, nitrogênio, enxofre e água;
- c) solubilização de nutrientes nos solos minerais;
- d) melhoria da nutrição com micronutrientes, pela formação de quelatos;
- e) aumento da capacidade de retenção de água do solo;
- f) redução da toxidez de pesticidas e outras substancias;
- g) melhoria das condições de estrutura do solo;
- h) melhoria da capacidade tampão do solo;
- i) favorecimento do controle biológico, pela maior população microbiana; e,
- j) ação como promotor de crescimento, em alguns casos.

Com relação à adubação orgânica, e considerando-se neste contexto, também a utilização de restos vegetais e resíduos industriais, quer seja como matéria prima ou de forma direta, dois aspectos principais devem ser levados em consideração: a facilidade de decomposição do adubo/resíduo e a composição deste.

A facilidade de decomposição pode ser inferida pela relação Carbono/Nitrogênio (C/N) do material a ser adicionado, a qual fornece uma boa indicação da possibilidade ou não de imobilização de nutrientes do solo e dos fertilizantes, durante o processo de decomposição da matéria orgânica. Uma relação C/N maior que 33/1 implica em maior dificuldade de decomposição e na imobilização inicial das formas minerais existentes no solo. Materiais com alta relação C/N funcionam predominantemente como melhoradores das propriedades físicas do solo. Para um melhor conhecimento das características de diversos materiais passíveis de utilização como adubos orgânicos; sugere-se uma consulta ao trabalho de Kiehi (1985).

Além da relação C/N, também a composição dos adubos é de grande importância. Para uma mesma quantidade de nutrientes requerida pelas plantas, necessita-se de um volume bem maior de adubo orgânico quando comparado ao adubo mineral, devido à baixa concentração de nutrientes dos primeiros. Além disso, grande parte dos nutrientes dos adubos orgânicos está na forma orgânica, e necessitam ser mineralizados para tornarem-se disponíveis às plantas.

Os índices de conversão que se encontram na Tabela 12 representam o percentual médio de transformação da quantidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos que passa para a forma mineral nos sucessivos cultivos. Considera-se, a partir daí, que a fração mineralizada se comporta semelhantemente aos nutrientes de fertilizantes minerais. Portanto, eles passam a integrar as mesmas reações químicas dos íons já presentes no solo bem como dos provindos dos fertilizantes minerais, tais como insolubilização de fósforo, lixiviação de nitrogênio, etc. (CFS – RS/SC, 1989).

Verifica-se, na Tabela 12, que todo o potássio aplicado na forma orgânica comporta-se como mineral desde a aplicação, uma vez que ele não faz parte de nenhum composto orgânico estável; portanto, não precisa sofrer a ação dos microrganismos. Verifica-se, ainda, que 60% do P_2O_5 aplicado mineraliza-se no primeiro cultivo e, 20%, no segundo; o mesmo ocorre com o nitrogênio, nas taxas de 50% e 20% para os dois primeiros cultivos respectivamente. No segundo cultivo, além do efeito residual do P e do K mineralizados no primeiro cultivo, estarão disponíveis, aproximadamente, 20% dos totais tanto do N como do P_2O_5 aplicados por ocasião do primeiro cultivo. A partir do terceiro cultivo, a totalidade do N, P_2O_5 e K_2O aplicados na forma orgânica já se encontram mineralizados e a quantidade disponível nesse cultivo dependerá das doses

aplicadas anteriormente e dos fatores que afetam o efeito residual de cada nutriente, avaliado na sua forma tradicional (CFS – RS/SC, 1989).

Tabela 12 – Índices de conversão dos nutrientes aplicados na forma orgânica para a forma mineral, em cultivos sucessivos.

Nutrientes	Índices de conversão*		
	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
N	0,5	0,2	-
P ₂ O ₅	0,6	0,2	-
K ₂ O	1,0	-	-

*Cultivos em relação ao aproveitamento do fertilizante orgânico aplicado

Fonte: CFS – RS/SC, 1989.

A baixa concentração de nutrientes, principalmente fósforo, nos esterco (exceção feita ao de aves), justifica, em certos casos, o seu enriquecimento com superfosfato simples (SS). Esta prática tem ainda a vantagem de reduzir as perdas de amônia, por volatilização, durante o processo de decomposição. Para isto, recomendam-se as seguintes doses (Lopes & Guilherme, 1989):

Esterco de curral com cama = 500g de SS/animal/dia.

Estábulo de engorda e aviário = 30g de SS/m², 2 vezes por semana.

Pocilgas = 100 – 150g de SS/m², 2 vezes por semana.

O principal fator determinante da quantidade de adubo orgânico a ser aplicada é a disponibilidade e a dificuldade de seu manejo. Como orientação básica, sugerem-se as seguintes quantidades (Lopes & Guilherme, 1989):

1. Aplicação em área total

- Esterco de curral e compostos = 20 a 40 t/ha.
- Esterco de aves – 2 a 5 t/ha.
- Esterco líquido ou chorume = 30 a 90 m³/ha.
- Vinhaça de mosto de melão = 50 m³/ha.
- Vinhaça de mosto de calda = 150 m³/ha.

2. Aplicação localizada (quando feita em covas ou sulcos de plantio).

- Culturas de grãos.

- Esterco de curral e compostos = 10 a 20 t/ha.
- Esterco de aves = 2 a 3 t/ha.

- Horticultura

- Esterco de curral e composto = 30 a 50 t/ha.
- Esterco de aves = 5 a 10 t/ha.

- Covas em geral

- Esterco de curral e composto = 10 a 20 litros/cova.
- Esterco de aves e tortas = 3 a 5 litros/cova.

No caso de aplicações localizadas (sulcos e covas), deve-se misturar o adubo orgânico com a terra, com antecedência mínima de 15 a 20 dias ao plantio, procurando manter umidade suficiente no período.

Mesmo que a adubação orgânica não possa, em muitos casos, ser efetuada diretamente em larga escala, devem-se adotar todas as práticas que possam contribuir para a manutenção da matéria orgânica do solo.

A adubação verde ocupa, neste contexto, lugar de destaque, uma vez que, além de contribuir para a manutenção do nível de matéria orgânica no solo, atua como importante mecanismo de fornecimento de nitrogênio às plantas, através da fixação biológica. Burle et al. (1989c) observaram, por exemplo, as seguintes quantidades de N acumuladas na parte aérea de leguminosas cultivadas durante a seca nos cerrados: *Canavalia brasiliensis* 92kg/ha, *Tephrosia cândida* 67 kg/ha, *Mucuna aterrima* 67 kg/ha, *Cajanus cajan* 60 kg/ha e *Stylosanthes guianensis* 22 kg/ha. Constatou-se ainda que a incorporação da *Canavalia*, da *Tephrosia* e do *Stylosanthes* elevou a produção de milho (sem aplicação de nitrogênio) em, respectivamente, 2571, 2553 e 2085 kg/ha em relação à testemunha (Burle et al., 1989 a).

A possibilidade de se cultivarem leguminosas para adubo verde nos cerrados, após o cultivo de culturas comerciais, reciclando-se grande parte dos nutrientes para culturas subseqüentes é uma prática que vem sendo objeto de alguns estudos nesta região. Dentre 52 espécies leguminosas cultivadas ao final do período chuvoso e avaliadas quanto à produção de matéria seca em dois solos (LV e LE) de cerrado, Burle et al. (1989b) verificaram que 37 sobreviveram no período da seca, e que dentre estas, destacaram-se *Cajanus cajan*, *Canavalia brasiliensis*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria*

striata, *Mucuna aterrima*, *Stylosanthes guianensis* var *pauciflora*, *Crotalaria spectabilis*, *Stylosanthes guianensis* var *vulgaris* e *Tephrosia candida*. A *Mucuna*, uma das leguminosas que se destacou, vem sendo utilizada como cultivo intercalar na entresafra de milho em extensas áreas de cerrado, possibilitando inclusive a mecanização (Kage, 1984, citado por Viégas & Machado, 1990).

Além destas leguminosas, uma outra espécie que vem sendo utilizada com grande sucesso nesta região, principalmente em consorciação com a cultura do arroz de sequeiro, é o Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*) (Matsumoto, s.d.).

Independentemente da prática a ser adotada, o importante é que, com fertilização adequada e boas práticas de manejo, mais resíduos de culturas são produzidos. Isto ajuda a manter ou aumentar os níveis de matéria orgânica nos solos. Estes resíduos são benéficos para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e devem ser manejados adequadamente para manter a produção das culturas. O PONTO IMPORTANTE É MANTER QUANTIDADES SUFICIENTES DE RESÍDUOS PASSANDO PELO SOLO.

VI – O CERRADO HOJE E O SEU POTENCIAL DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Tabela 13 – Estimativa da produção agrícola da região do cerrado em relação à produção brasileira – 1973 e 1988.

Produto	Produtividade				Produção				Contribuição da região do Cerrado	
	1973		1988		1973		1988		1973	1988
	Cer.	Bra.	Cer.	Bra.	Cer.	Bra.	Cer.	Bra.		
Culturas de grãos	-----t/ha-----				-----milhões t-----				-----%-----	
Arroz	1,3	1,5	1,4	2,0	2,8	7,2	3,8	11,8	38,7	31,8
Milho	1,4	1,4	2,4	1,9	2,9	14,2	7,7	24,7	20,7	31,1
Feijão	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	2,2	0,4	2,9	18,4	13,9
Trigo	0,5	1,1	1,3	1,6	-	2,0	0,4	5,5	0,5	7,9
Soja	1,4	1,4	2,0	1,7	0,2	5,0	8,1	18,0	4,0	45,0
TOTAL	-	-	-	-	6,3	30,6	20,4	62,9	20,7	32,4
Cana-de-açúcar	36,5	47,0	60,6	62,6	5,8	92,0	31,7	258,6	6,3	12,3
Café	0,8	0,9	1,1	0,9	0,3	1,7	1,1	2,6	176	42,3

Fonte: IBGE/CEPAGRO (1988).

Apesar das limitações previamente discutidas, uma grande mudança no desenvolvimento agrícola da região do cerrado ocorreu nestes últimos anos. Os dados da Tabela 13 apresentam, de maneira resumida, uma estimativa da contribuição da região do cerrado na produção brasileira de grãos, cana-de-açúcar e café, nos anos de 1973 e 1988.

Pode-se observar o evidente aumento da contribuição do cerrado na produção agrícola do país. Para as culturas de grãos em geral, a participação da região do cerrado foi de aproximadamente 30% num total de 63 milhões de toneladas produzidas, em 1988, no Brasil. Ressalta-se neste contexto, os expressivos aumentos nas culturas de trigo, soja e café, que saltaram de uma contribuição de 0,5%, 4,0% e 17,6%, em 1973, para 7,9%, 45,0% e 42,3%, em 1988, respectivamente. Este é, definitivamente, um bom exemplo de como, mesmo em áreas sujeitas a riscos relativamente altos para agricultura não irrigada, um adequado manejo pode reduzir os problemas decorrentes desta limitação.

As produtividades médias para as culturas de grãos na região do cerrado são aproximadamente similares às daquelas do Brasil (Tabela 14), embora ainda relativamente baixas quando comparadas às de outros países com uma agricultura altamente tecnificada. Entretanto, boas produtividades obtidas por alguns agricultores e mesmo aquelas obtidas em campos experimentais (Tabela 14), dão uma boa idéia dos níveis de produtividade factíveis de serem obtidos nesta região.

Tabela 14 – Produtividade atual e potencial de algumas culturas nos cerrados brasileiros

Culturas	Produtividade (t/ha)		
	Cerrados (média)	Bons agricultores	Campos experimentais
Arroz	1,1	3,6	4,8
Milho	1,6	7,6	13,0
Feijão	0,4	2,0	4,0
Soja	1,7	4,5	4,8
Trigo	1,4	2,5	3,0
		5,4*	7,7*

*Irigado

Fonte: Goedert & Lobato, citados por Goedert (1989)

Talvez, em anos recentes, o exemplo mais marcante do uso de tecnologia sustentável, com amplos reflexos no aumento da produtividade e do que representa o potencial da região dos cerrados, seja o da região de Lucas do Rio Verde, Mato Grosso. Através de um sistema de rotação de culturas envolvendo soja, milho, arroz, sorgo, milheto e até pastagens e outras técnicas de manejo sustentável, como resultado de um amplo programa de pesquisa e experimentação, têm sido obtidas produtividades de até 4,5 t de soja/ha e 6 t de arroz de sequeiro/ha.

Investimentos em pesquisas de 2,8 milhões de dólares, a partir de 1985 até 1993, permitiram um aumento médio de produtividade em 1993, considerando apenas a soja, de 13 sacos por hectare. Nos 160.000 hectares cultivados pelos associados da COOPERLUCAS, isto significou um acréscimo de receita de 15,9 milhões de dólares. Resumo das técnicas de manejo utilizadas na região, altamente recomendadas para consulta de todos aqueles interessados em manejo sustentável dos solos sob cerrado encontra-se em CIRAD, COOPERLUCAS & RHODIA, 1993.

Um ponto extremamente importante relativo à incorporação de novas áreas de cerrado a um processo de produção agrícola intensivo e tecnificado é o que diz respeito à necessidade de um grande investimento de capital. Os dados da Tabela 15 resumem os custos médios da incorporação de 1 ha de cerrado ao processo produtivo. Verifica-se que os gastos com calcário e fertilizantes representam 42,5% dos custos totais, enquanto que o custo da terra tem uma participação de aproximadamente 25%, o que enfatiza a necessidade da obtenção de boas produtividades para que estes investimentos sejam pagos.

Tabela 15 – Custos estimados para incorporar 1 hectare de cerrado natural à produção agrícola intensiva.

Componentes	Custo total	
	US\$/ha	%
Insumos (calcário e fertilizantes)	340	42,5
Operações de desmatamento e cultivo	140	17,5
Outros investimentos	120	15,0
Preço da terra (média)	200	25,0
.....		
Custo total por hectare	800	100,00

Fonte: Goedert & Lobato, citados por Goedert (1989)

Com um adequado conhecimento dos recursos naturais dos cerrados, com a incorporação de novas tecnologias já disponíveis e, acima de tudo, mediante uma política agrícola definida e adequada para esta região, torna-se perfeitamente factível a mudança

do quadro atual de produção dos cerrados. Esta produção, expressa em termos de grãos, pecuária bovina e florestas (Tabela 16), poderia certamente, atingir os níveis apresentados na Tabela 17 (Goedert, 1989), para os quais adotaram-se as seguintes premissas: i) 20% da área de cerrado (40 milhões de ha) serão destinados à proteção ambiental; ii) disponibilidade de água para irrigar 10 milhões de ha; iii) as produtividades médias poderão crescer a níveis compatíveis com a atual tecnologia disponível.

Uma comparação entre os dados das tabelas 16 e 17 mostra que há ainda um longo caminho a percorrer, tanto em relação a tempo quanto ao incremento das atividades agrícolas na região do cerrado (Goedert, 1989). Isto indica, entretanto, que a região de cerrado do Brasil possui um potencial para produzir mais do que o dobro da quantidade atual de alimentos para a população brasileira.

Tabela 16 – Produção agrícola atual na região do cerrado, expressa em grãos, pecuária bovina e florestas.

Atividade	Área (milhões ha)	Produtividade	Produção (por ano)
Culturas anuais	12	1,5 t/ha/ano	18,0 milhões t
Pecuária bovina	110	20 kg/ha/ano*	2,2 milhões t
Florestas	1	15 m ³ /ha/ano	15,0 milhões m ³

*Considerando-se 0,4 animais/ha, 200 kg aos 4 anos.

Fonte: Goedert (1989)

Tabela 17 – Produção agrícola potencial estimada da região do cerrado, assumindo a utilização da área total disponível e de adequada tecnologia.

Atividade	Área (milhões ha)	Produtividade	Produção (por ano)
Culturas anuais (grãos)			
- sequeiro	60	2,5 t/ha/ano	150 milhões t
- irrigada	10	4,0 t/ha/ano	40 milhões t
Pecuária bovina	90	100 kg/ha/ano	9 milhões t
Florestas	10	30 m ³ /ha/ano	300 milhões m ³

* Considerando-se 40% da área com pastagem melhorada, 1 animal/ha, 250 kg aos 2 e 1/2 anos.

Fonte: Goedert (1989)

“AGRICULTURA NA REGIÃO DOS ‘CERRADOS’ NÃO DEVE SER CONSIDERADA EM FUNÇÃO DA SUA POTENCIALIDADE, E SIM PELA REALIDADE DOS RESULTADOS JÁ OBTIDOS ATRAVÉS DE MANEJO ADEQUADO E INTEGRAÇÃO DOS CONHECIMENTOS AGRONÔMICOS” (Lopes, 1983).

VII – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G. & MADERA NETO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo, Editora Nobel, 1986. p. 33-74.
- BRITTO, D.P.P.S., CASTRO, A.F.; COSTA, F.A. & NERY, C. Ensaio de adubação de milho em Latossolo Vermelho-Amarelo sob vegetação de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, série agron., Brasília, **6**: 203-7, 1971.
- BURLE, M.L.; RESCK, D.V.S.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; BOWEN, W.T. & PEREIRA, J. Adubação verde no período da seca nos cerrados: efeito na cultura do milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 22, **Programa e Resumos**. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989a. p. 141-2.
- BURLE, M.L.; BOWEN, W.T.; SUHET, A.R.; PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. & RESCK, D.V.S. Comportamento de leguminosas no período da seca em dois solos de cerrado. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 22, **Programa e Resumos**, Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989 b. p. 258-9.
- BURLE, M.L.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J.; & BOWEN, W.T. Reciclagem de N por leguminosas cultivadas durante a seca nos cerrados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 22, **Programa e Resumos**, Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989 c. p. 104-5.
- CARVALHO, L.J.C.B.; GOMIDE, R.L.; RODRIGUES, G.C.; SOUSA, D.M.G. de & FREITAS Jr., E. de. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solos de cerrado. In: **Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura**, Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p. 61-83.
- CFSG-COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE GOIÁS. **Recomendação de corretivos e fertilizantes para Goiás**. Convênio Informativo Técnico, 1. 5ª aproximação. Goiânia, EFG/EMGOPA, 1988. 101 p.
- CFS-RS/SC. Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128p.
- CIRAD, COOPERLUCAS & RHODIA. Os sistemas de culturas para região médio norte do Mato Grosso. 1993. 58p.

- COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J.A. & GARVER, C.L. **Land in tropical América**. Cali, CIAT/EMBRAPA-CPAC, 3 v.1985.
- COQUEIRO, E.P.; CORREA, H.; PEREIRA, J. & FREIRE, A. de B. Adubação NPK na cultura de arroz de sequeiro em solos sob vegetação de cerrado. In: Reunião Brasileira de Cerrado, 2, Sete Lagoas, 1967. **Anais...** Sete Lagoas, IPEACO, 1972a. p. 79-89.
- COQUEIRO, E.P.; FREIRE, A. de B. & PEREIRA, J. Efeito da aplicação do calcário e enxofre em cultura de arroz de sequeiro. In: Reunião Brasileira de Cerrado, 2, Sete Lagoas, 1967. **Anais...** Sete Lagoas, IPEACO, 1972b. p. 71-7.
- COUTO, W. & RITCHEY, K.D. Enxofre. In: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo, Editora Nobel, 1986. p. 223-35.
- COUTO, W. & SANZONOWICZ, C. Soil nutrient constraints for legume based pastures in the cerrados savannah of Brazil. In: International Grassland Congress, 15, Lexington, Kentucky, 1981. **Proceedings...** Lexington, University of Kentucky, College of Agriculture, 1983. p. 320-3.
- COUTO, W.; SANZONOWICZ, C. & LEITE, G.G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos de cerrados. In: **Simpósio sobre o cerrado; savanas, alimento e energia**, 6, Brasília, 1982. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1988. p. 61-78.
- COX, F.R. Micronutrients. In: SANCHEZ, P.A. (ed.). **A review of soil research in tropical Latin America**. Raleigh, North Carolina Agric. Exp. Sta., 1973. p. 182-97. (Technical Bulletin, 219).
- COX, F.R. & KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil test. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. (ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison, Soil Sci. Soc. Of. Am., 1973. p. 289-317.
- CUNHA, J. M.; GUAZZELLI, R.J.; DALL'ACQUA, F.M. & FERNANDES, D.C. Níveis de nitrogênio na cultura do feijão. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **15**(1): 47-52, 1980.
- EMBRAPA – Empresa de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. **Relatório técnico anual**. V-6. Planaltina, EMBRAPA/CPAC, 1982. 163p.

- EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO. **Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal.** Boletim Técnico nº 8, EPE, Ministério da Agricultura. 1966.
- FERRI, M.G. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G. (ed.). **IV Simpósio sobre os cerrados: bases para utilização agropecuária.** São Paulo, Itatiaia, 1977. p. 15-33.
- FRANÇA, G.E. de ; BAHIA FILHO, A.F.C. & CARVALHO, M.M. de. Influência do magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. Tinaroo (*Glicine wightii*) em solo de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, série agron., Brasília, 8: 197-202, 1973.
- FREIRE, J.C. Influência da calagem incorporada em duas profundidades na produção de milho e soja em Latossolo sob “cerrado” em Minas Gerais. Lavras, Convênio Banco do Brasil – FIPEC/FAEPE: **Materiais corretivos e correção da acidez de solos sob cerrado. Relatório final**, 1982 - 198p.
- FREITAS, L.M.M. de ; LOBATO, E. & SOARES, W.V. Experimentos de calagem e adubação em solos sob vegetação de cerrado do Distrito Federal. **Pesq. agropec. bras.**, série agron., Brasília, 6:81-8; 1971.
- FREITAS, L.M.M. de ; LOBATO, E. TANAKA, E.; SOARES, W.V. & FRANÇA, G.E. de. Experimentos de adubação de milho doce e soja em solos de campo cerrado. **Pesq. agropec. bras.** Série agron., Brasília, 7: 57-63, 1972.
- FREITAS, L.M.M. de; MIKKELSEN, D.S.; & McCLUNG, A.C. Ensaio de calagem e adubação em solos de campo cerrado. In: Reunião Brasileira do Cerrado, 1, Sete Lagoas, 1961. **Recuperação do cerrado.** Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1964.
- FREITAS, L.M.M. de; MIKKELSEN, D.S.; McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. Efeito da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em três solos de campo cerrado. In: FERRI, M.G. (coord.). **Simpósio sobre o cerrado, I.** São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 1963. p. 283-314.
- GALRÃO, E. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de micronutrientes na produção e composição química do arroz (*Oryza sativa L.*) e do milho (*Zea mays L.*) em solo de cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 5: 72-5, 1981.
- GOEDERT, W.J. Management of cerrado soils of Brazil: a review. **J. Soil Sci**, 34: 405-28, 1983.

- GOEDERT, W.J. Management of acid tropical soils in the savannas of South America. In: IBSRAM (International Board for Soil Research and Management). **Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: proceedings of an IBSRAM inaugural workshop.** Bangkok, Thailand, 1987. p. 109-27.
- GOEDERT, W.J. Região dos cerrados: potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **24**(1): 1-17, 1989.
- GOEDERT, W.J. & LOPES, A.S. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais perenes, pastagens e reflorestamento. In: **Seminário sobre recuperação de fósforo.** São Paulo, IBRAFOS, 1988. p. 24-9.
- GOEDERT, W.J. & LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solos de cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **8**: 97-102, 1984.
- GROVE, L.T.; RITCHEY, K.D. & NADERMAN Jr., G. Nitrogen fertilization of maize on an Oxisol of the Cerrado of Brazil. **Agron. J.**, Madison, **2**: 261-5, 1980.
- HUGHES, J.C. Crystalinity of kaolin minerals and their weathering sequence in some soils from Nigeria, Brazil and Colombia. **Geoderma**, **24**: 317-25, 1980.
- IBGE/CEPAGRO. **Levantamento sistemático da produção agrícola** (Dezembro/1988). São Paulo, IBGE, 1988. 53p.
- JACOMINE, P.K.T. **Descrição das características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas de alguns perfis de solos sob vegetação de cerrado.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. (Boletim Técnico, 11).
- JONES, M.B. & QUAGLIATO, J.L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **5**: 359-63, 1970.
- JONES, M.B. & QUAGLIATO, J.L. & FREITAS, L.M.M. de. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais em três solos de campo cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **5** : 209-14, 1970.
- KAMPRATH, E.J. **Soil acidity and response to liming.** Raleigh, North Caroline Agric. Exp. Sta. Intern. Soil Test. Series, 1967. (Technicall Bulletin, 4).
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** Sao Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda. 1985. 492 p.

- LATHWELL, D.J. **Crop response to liming on Ultisols and Oxisols**. Ithaca, Cornell University, 1979. (Cornell Int. Agric. Bull. 35).
- LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em latossolos de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, série agron. Brasília, **8**:81-8, 1973.
- LE MARE, P.H. Sorption of isotopically exchangeable and non exchangeable phosphate by some soils of Colombia and Brazil, and comparisons with soils of southern Nigeria. **J. Soil Sci.**, **33**: 691-707, 1982.
- LE MARE, P.H. & GOEDERT, W.J. Effects of liming on sorption and desorption of phosphate by some acid soils of South America. **Proc. of 3rd. Int. Congress of Phosphorus Compounds**. Casablanca, World Phosphate Inst. OMPHOS, 1984.
- LOBATO, E.; SOARES, W.V.; FRANCIS, C.W. & DOWNES, J.D. Resultados preliminares do estudo de fertilidade com milho doce e do efeito residual com soja em solos de campo cerrado do Distrito Federal. In: Reunião Brasileira de Cerrado, 2, Sete Lagoas, 1967. **Anais...** Sete Lagoas, IPEACO, 1972. p. 153-63.
- LOPES, A.S. **Calagem e gesso agrícola**. Encontro Técnico sobre Gesso Agrícola. Belo Horizonte, Fosfertil/Petrofertil, 1986. 58 p. (mimeo).
- LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo**. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. 162 p.
- LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 153p.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under “cerrado” vegetation in Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **41**(4): 742-7, 1977.
- LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. **Uso eficiente de fertilizantes: aspectos agronômicos**. São Paulo, ANDA, 1990. 60p. (Boletim Técnico, 4).

- LOPES, A.S. & GUIMARÃES, P.T.G. (coord). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**; 4ª aproximação. Lavras, CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989. 176 p.
- MAGALHÃES, J.C.A.J.; SUHET, A.R.; SILVA, J.E.; PERES, J.R.R.; SOUSA, D.M.G. de & AZEVEDO, J.A. Efeito da aplicação do nitrogênio no rendimento de duas variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) em solo de cerrado. In: **Trabalho com trigo no CPAC em 1977**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1978. p.119-39.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais nos cerrados**. Piracicaba, POTAFOS, 1985. 136p.
- MASCARENHAS, H.A.A.; KIIHL, R.A.S. & NAGAI, V. Aplicação de enxofre em soja cultivada em Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa de cerrado. **Bragantia**, Campinas, **33**: LXII-LXV, 1974.
- MASCARENHAS, H.A.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & IGUE, T. Adubação da soja. VI. Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo), em Latossolo Roxo com vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, **26**(29): 373-9, 1967.
- MATSUMOTO, K. **Adubação verde-“solução para o cerrado”**. Uberlândia, Agromen Sementes Ltda., s.d. 14p.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; GALLO, J.R.; QUINN, L.R. & MOTT, G.O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, **17**(3): 29-44, 1958.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; MIKKELSEN, D.S. & LOTT, W.L. A adubação do algodoeiro em solos de campo cerrado no Estado de São Paulo. **IBEC Res. Inst. Bull.** (27): 5-30, 1961.
- McCLUNG, A.C. & QUINN, L.R. Sulphur and phosphorus responses of Batatais Grass (*Paspalum notatum*). **IBEC Res. Inst. Bull.** (18): 5-13, 1959.
- MEKARU, T. & UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. **Soil Sci.Soc. Am. Proc.** Madison, **36**: 296-300, 1972.

- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M. de & McCLUNG, A.C. Efeitos da calagem e adubação de algodão, milho e soja em três solos de **campo cerrado**. Instituto de Pesquisas IRI, Boletim nº 29. 1963.
- MIRANDA, L.; MIELNICKZUK, J. & LOBATO, E. Calagem e adubação corretiva. In: **V Simpósio sobre o cerrado**. Brasília, EMBRAPA, 1980. p.521-78.
- MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S. & MASCARENHAS, H.A.A. Adubação da soja III. Efeito do NPK, do enxofre e de micronutrientes em solo do arenito Botucatu com vegetação de cerrado. **Bragantia**, Campinas, **23**(27): 65-71, 1964.
- PERIM, S.; LOBATO, E. & GALRÃO, E.Z. Efeito da calagem e de nutrientes no rendimento da mandioca (*Manihot exculenta*, Crantz) em solo sob vegetação de cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **4**:107-10, 1980.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Respostas da soja à aplicação de doses de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **6**:113-8, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van & MALAVOLTA, E. **Alternativas de uso da solução tampão SMP para determinar a necessidade de calagem em solos**. Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 17 a 24 de julho de 1983, Curitiba, PR.
- QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISUIMURA, I.; SAES, L.A. & BATAGLIA, O.C. Calagem para a rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **9**:225-61, 1985..
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo, ANDA, 1988. 88 p.
- RAIJ, B. van.; CATARELLA, H.; CAMARGO, A.P. de & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaios de calagem. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, **6**:33-7, 1982.
- RAIJ, B. van & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, **36**: 587-93, 1972
- REICHARDT, K. Como superar o veranico no cerrado. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, **32**: 1-2, 1985.

- REIS, M.S.; RIBAS, P.M. & ANDRADE, A.M. de S. Efeitos da densidade de plantio e níveis de N na cultura do sorgo granífero, em dois tipos de solos do Triângulo Mineiro. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 10. Sete Lagoas, 1974. **Anais...** Sete Lagoas, EMBRAPA-CNPMS/EPAMIG, 1974. p.91-6.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.de; LOBATO, E. & SOUSA, O.C. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savanna Oxisol. **Agron. J.**, Madison, **34**:40-4, 1980.
- RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.de & SILVA, J.E. Calcium and root penetration in highly weathered soils. INTSORMIL-CIAT-ICRISAT Workshop. Cali, CIAT, 1984.
- SANCHEZ, P.A. Management of acid soils in the humid tropics of Latin America. In: IBSRAM (International Board for Soil Research and Management). **Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: proceedings of an IBSRAM inaugural workshop.** Bangkok, Thailand, 1987. p. 63-107.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.C. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, **34**: 280-398, 1981.
- SILVA, A.R. da & ANDRADE, J.M.V. de. A esterilidade masculina do trigo (chochamento) e o seu controle pela aplicação de micronutrientes no solo. In: **Trabalhos com trigo, cevada e triticale no CPAC em 1981.** Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1982. p.1-19.
- SMYTH, T.J. & SANCHEZ, P.A. Phosphate rock dissolution and availability in cerrado soil as affected by phosphorus sorption capacity. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, **46**: 339-45. 1982.
- SOARES, W.V.; LOBATO, E.; GONZALEZ, E. & NADERMANN Jr., G.C. Liming soils of Brazilian cerrado. In: BORNEMISZA, E. & ALVARADO, A.(ed.) **Soil management in Tropical America.** Raleigh, North Carolina State University, 1975. p.283-99.
- SOUSA, D.M.G. de. **Calagem e adubação da soja no cerrado.** Porto Alegre, DEAGRO/ADUBOS TREVO S/A, 1989. 17p.

- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, **13**(2): 193-8, 1989.
- SOUSA, D.M.G. de; REIN, T.A.; LOBATO, E. & RITCHEY, D. Sugestões para diagnose e recomendações de gesso em solos de cerrado. In: II Seminário Sobre o Uso do Gesso na Agricultura, Uberaba, MG, 1992. Anais... São Paulo, IBRAFOS, 1992, p.138-158.
- SOUSA, D.M.G. de & RITCHEY, K.D. Correção da acidez subsuperficial: uso de gesso no solo de cerrado. In: DECHEN, A.R. & CARMELLO, Q.A.C. de (ed.). **Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do Solo**. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p. 91-113.
- VIÉGAS, G.P. & MACHADO, D.A. **Rotação de culturas**. São Paulo, Sementes Cargill Ltda., 1990. 28p.
- WAGNER, E. Desenvolvimento da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos cerrados: Tecnologia e estratégia de manejo**. São Paulo, Editora Nobel, 1986. p. 19-31.
- WOLF, J.M. **Water constraints to corn production in Central Brazil**. Unpublished Ph.D. Thesis, Dept. of Agronomy, Cornell Univ., Ithaca, New York, University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Mich. 1975.

Composição, Impressão e Acabamento
Editora Gráfica Nagy Ltda
Rua do Oratório, 630 – Mooca
03116-010 – São Paulo – SP
Tel: (11) 6605-9302 – 6605-3023
Fax: (11) 6605-3544