

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA  
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA

SOJA: ADUBAÇÃO E CALAGEM.

BORKERT, C. M.  
CORDEIRO, D. S.  
PALHANO, J. B.  
SFREDO, G. J.  
VASCONCELOS, C. A. (1)

Soja: adubacao e calagem.

1977

FL-3218



1850-1

Londrina, março de 1.977.

---

(1) Equipe de pesquisadores na área de solos e Nutrição vegetal do CNPSoja - Londrina Pr.



14.2.1

## SOJA: ADUBAÇÃO E CALAGEM

BORKERT, C.M.

CORDEIRO, D.S.

PALHANO, J.B.

SFREDO, G.J.

VASCONCELLOS, C.A.

### 1. INTRODUÇÃO

A cada ano que passa, maior é a procura por alimentos no mundo e cada vez torna-se mais grave a carência de protêicos. A produção de proteínas de origem animal é muito dispendiosa face ao espaço físico necessário à criação de gado. Neste aspecto, ressalta-se o alto valor das terras e o tempo consumido no apronte de novilhos para o abate.

A soja, sendo uma cultura anual de alto valor protêico e que reúne todos os amino-ácidos essenciais, é uma das opções da humanidade na luta para vencer a fome no mundo.

Nos últimos anos, devido à grande demanda de soja no mercado internacional, sua cotação subiu. Como consequência, no Brasil, a área plantada cresceu vertiginosamente, ( Tabela 1 ).

Embora isto tenha ocorrido, os rendimentos obtidos ainda são baixos, ( Tabela 1 e 2 ), pois os solos, na sua maioria, são ácidos, com elevadas concentrações de alumínio e/ ou manganês trocáveis, aliado ao baixo teor de fósforo " disponível".

### 2. A CULTURA DA SOJA, A ACIDEZ DO SOLO E FATORES INTERRELACIONADOS

A acidez do solo, governando o desenvolvimento das leguminosas cultivadas, apresenta íntima relação com as alterações

TABELA 1 - Produção Brasileira de Soja em Grão<sup>(1)</sup>

Anos	Área Colhida(ha)	Quantidade Produzida(t)	Incremento %	Rendimento Médio(hk/ha)
1960	171.440	205.744	-	1.200
1967	612.115	715.606	20,27	1.169
1969	906.073	1.056.607	61,44	1.166
1970	1.318.809	1.508.540	42,77	1.144
1971	1.716.420	2.077.291	37,70	1.210
1972	2.191.660	3.222.631	55,13	1.471
1973	3.500.000	5.300.000	64,46	1.370
1974	5.143.116	7.876.209	48,60	1.531
1975(2)	5.823.735	9.892.299	27,60	1.699

fontes:(1.)Soja - Estado do Rio Grande do Sul, Assembléia Legislativa - comissão de Agricultura e Pecuária - 1974 - Porto Alegre.

(2.)Anuário Estatístico do Brasil - IBGE - 1975.

TABELA 2 - Produção Estadual e Rendimento Médio por Ha de soja em grãos - ano agrícola 1974/75

Estados	Área colhida ha	Quantidade produzida Toneladas	Rend. Médio Kg/ha
Rio Grande do Sul	3.113.286	4.688.521	1.506
Paraná	1.631.897	3.624.946	2.221
São Paulo	391.200	678.000	1.733
Santa Catarina	361.475	467.160	1.292
Mato Grosso	194.280	272.624	1.403
Minas Gerais	175.781	87.375	1.153
Goiás	55.600	73.392	1.320
Espirito Santo	216	281	1.301

Fonte: Anuário Estatístico do Brasil - IBGE - 1975

no crescimento, anormalidades visuais no desenvolvimento das plantas e variações nas concentrações de nutrientes no tecido, com consequente quebra da produtividade.

Comparativamente aos demais Estados, a cultura da soja no Paraná apresenta um rendimento médio mais elevado, (Tabela 2). Tal fato pode indicar a possibilidade de aumentos deste rendimento (principalmente nos demais Estados) com a eliminação dos problemas oriundos da acidez do solo e/ ou nutricionais, ou de outras práticas culturais.

Muitos componentes do solo liberam  $H^+$  para a solução do solo acidificando o meio. Esta concentração de íons de hidrogênio é chamada acidez ativa. O conjunto de substâncias que liberam  $H^+$  para a solução do solo é chamado acidez potencial, sendo constituído, na grande maioria, por compostos de ferro e alumínio e de ácidos da matéria orgânica (26).

Os íons  $H^+$  (protons), encontrados normalmente em solos ácidos, não são diretamente tóxicos para as plantas. A grande resposta das culturas à elevação do pH do solo é devida aos efeitos indiretos da atividade hidrogeniônica na disponibilidade de nutrientes e outros fatores relacionados.

Estes efeitos indiretos causam, principalmente:

- a) Reação do fósforo, na forma do ânion ortofosfato, ( $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ ), em pH inferior a 6,0 com os íons de ferro e alumínio, com formação de compostos de ferro e alumínio insolúveis (HEMWALL, (14)); CATANI e BITTENCOURT, (5));
- b) A baixa disponibilidade de cálcio, magnésio e molibdênio;
- c) Redução na atividade de fixação de nitrogênio pelo rizóbio em simbiose com a leguminosa;
- d) Toxidez de alumínio, e manganês (principalmente),

TABELA 3 - Resposta da soja e do trigo a aplicação de calcário, em dois solos do Rio Grande do Sul. Médias de quatro anos. Fonte : SIQUEIRA et alii( 23 ).

Solo	Níveis de calcário aplicados	pH	Alumínio trocável	Rendimento de grãos			
				soja *		trigo *	
	t/ha		me/100g	Kg/ha	%	Kg/ha	%
P. Fundo	0	4,1	3,5	1.453	43	1.238	81
	3,5	4,3	1,9	2.021	60	1.525	100
	7,0	4,8	0,6	2.923	87	1.471	96
	14,0	5,6	0,0	3.371	100	1.265	83
	28,0	6,5	0,0	3.092	92	1.006	66
Cruz Alta	0	4,8	1,3	1.931	61	1.689	98
	3,5	5,2	0,3	2.433	80	1.710	100
	7,0	5,7	0,0	2.809	89	1.644	96
	14,0	6,2	0,0	3.012	95	1.501	88
	28,0	6,9	0,0	3.165	100	1.598	93

\* Média de rendimentos de 4 anos (1971/72/73 e 74)

Análises de solo no 2º ano após a aplicação do calcário.

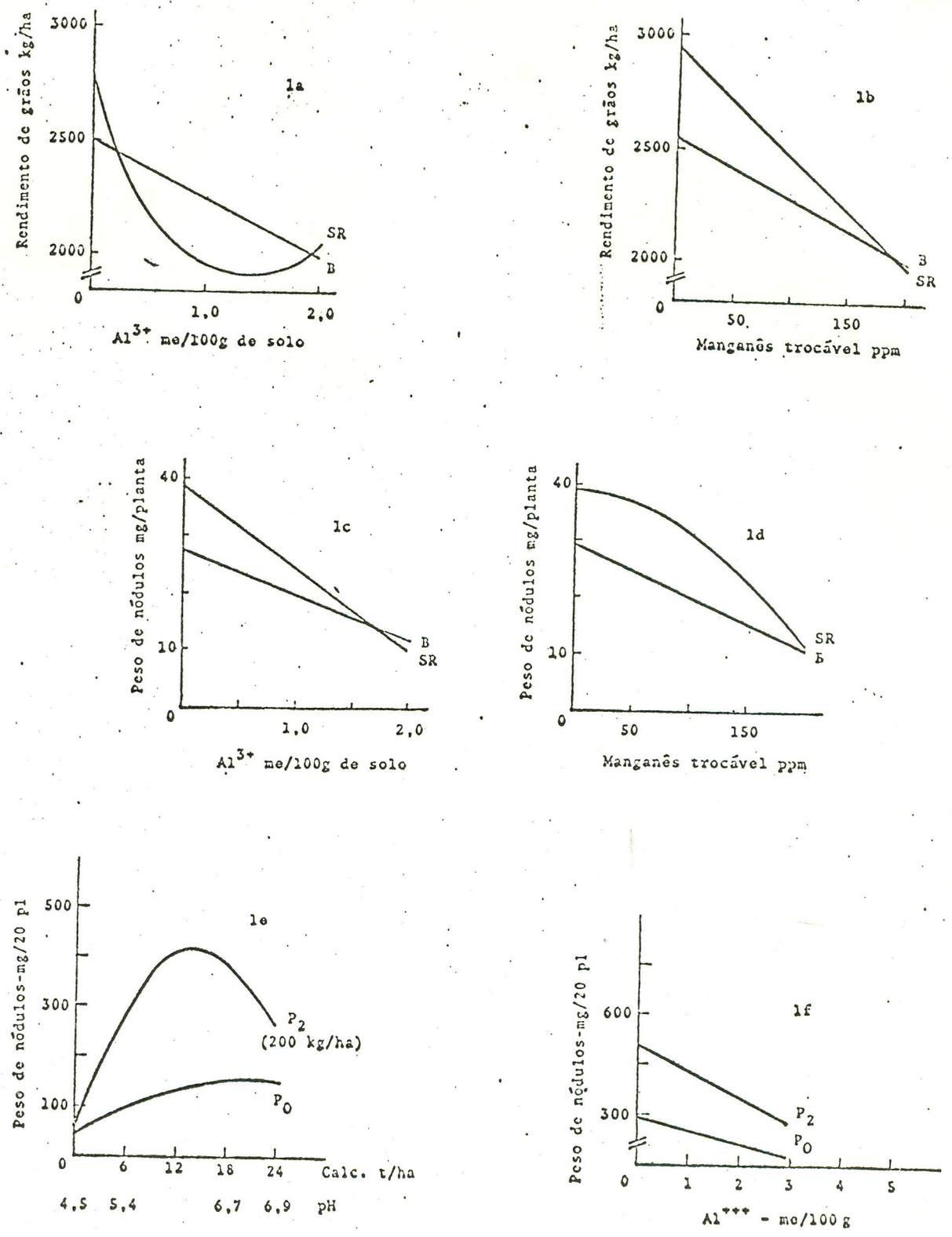


Figura 1. Efeitos da acidez do solo, na produção e no peso de nódulos de duas cultivares de soja ( B - Bienville, SR - Santa Rosa ) - 1a, 1b, 1c e 1d, BORKERT ( 3 ), e em dois níveis de  $P_2O_5$  aplicado, 1e e 1f FREIRE & VIDOR ( 12 ) no oxissolo Santo Angelo a campo.



Um outro componente da acidez ativa do solo é o alumínio trocável, que não é (em termos) um elemento essencial à nutrição vegetal. Entretanto, as plantas o absorvem se estiver livre na solução do solo. Sua origem está ligada à ação de prótons sobre minerais primários, minerais de argila e hidróxido e outros componentes do solo que contenham alumínio, BLACK ( 2 ), CATANI E BITTENCOURT ( 5 ) .

Há indicações de que as plantas sensíveis à toxidez de alumínio desenvolvem-se satisfatoriamente em concentração de 0,09 me/100 g, grupo onde está enquadrada a cultura da soja, ( 1 ).

A Tabela 3 e a Figura 1 apresentam resultados dos experimentos realizados por SIQUEIRA et alii (23 ), FREIRE E VIDOR (12 ) e BORKERT ( 3 ), em solos do Planalto Riograndense, demonstrando os efeitos da acidez do solo tanto na produção da soja como na nodulação.

Os sintomas de toxidez de alumínio caracterizam-se pelo retardamento no crescimento das raízes, ocasionado por severa inibição na divisão celular. Na parte aérea há indução de deficiência de cálcio e fósforo face à deficiente translocação destes nutrientes para a parte aérea, provocando uma clorose na folha e a quebra do pecíolo, (10, 11 ).

O manganês é elemento essencial às plantas, sendo assimilado sob a forma de  $Mn^{+2}$ . Além de atuar como ativador de diversas enzimas, desempenha papel importante em muitas reações do ciclo de Krebs e, devido à posição central deste na respiração, a carência do elemento repercute em outras sequências metabólicas, ( Bonner e Vaner citado por EPSTEIN ( 27 ) ).

As plantas exigem o manganês em baixas concentrações e a sua assimilação está diretamente ligada à sua disponibilidade no solo. Em solos ácidos, originados de derrames basálticos, normalmente ocorrem teores elevados de manganês trocável ( 3 ). Tanto o manganês como outros íons de metais pesados, quando presentes no meio em altas concentrações, podem induzir deficiência de ferro nas plantas. Esse fenômeno depende de efeitos competitivos na absorção e translocação do ferro como também da competição por sítios funcionais que se ligam ao ferro, (EPSTEIN ( 27 ) ).

Muito embora os teores de toxidez de manganês sejam caracterizados em concentrações entre 200 e 500 ppm na folha, no período

de florescimento, a relação entre o cálcio e o manganês (Ca/Mn) dará uma idéia melhor sobre a toxicidade. Assim, se esta relação estiver abaixo de 70-75, haverá quebra de produção ocasionada pelo excesso de manganês (3, 18 ).

Quando é feita a correção da acidez do solo pela aplicação correta do calcário, o pH do solo aumenta, e há melhor desenvolvimento das plantas. Isto porque ocorre:

a) Diminuição (ou eliminação ) da solubilidade de elementos tóxicos às plantas, principalmente alumínio e manganês;

b) Menor fixação do fósforo aplicado e por conseguinte um aumento na disponibilidade do fósforo. Dependendo do solo, poderá melhorar a disponibilidade do fósforo nativo;

c) Melhoria da vida e da atividade microbiana, acelerando a mineralização da matéria orgânica. Assim haverá disponibilidade de diversos elementos, como: nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, etc.

d) Melhores condições para as bactérias fixadoras de nitrogênio, tanto as livres como as simbiotes;

e) Aumento (direto) por aplicação das quantidades de cálcio e magnésio, aumento (indireto) da disponibilidade de molibdênio;

f) A elevação do pH para 5,5 - 6,5 reúne a maior soma de condições favoráveis à disponibilidade dos nutrientes. Em gráfico preparado por WORTHEW e ALDRICH e apresentado por MUZZILI e IGUE ( 17 ). pode-se observar a influência do pH na disponibilidade dos elementos, ( Figura 2).

Estes fatores interrelacionados, ( quando a acidez do solo é corrigida ), sofrem alterações maiores ou menores, dependendo das características dos componentes de cada solo. Estes componentes, que caracterizam a capacidade tampão do solo, são: compostos de alumínio e ferro, quantidade e qualidade da matéria orgânica, ausência ou presença de alofanos.

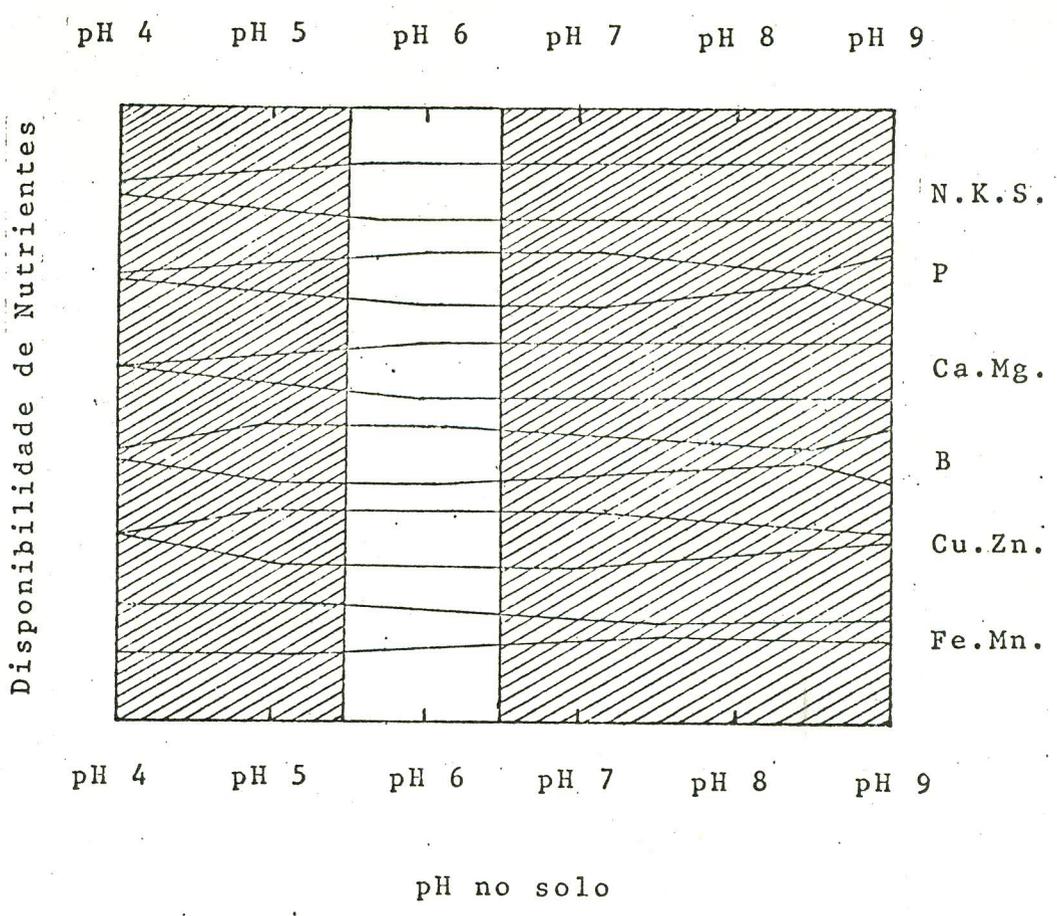


Figura 2. Influência do pH do solo sobre a solubilidade dos nutrientes nos solos. Baseado em Worthen & Aldrich, 1959, citado por MUZILLI & IGUE (17).

Capacidade tampão do solo é a resistência oferecida pela solução do solo às mudanças de pH e está intimamente relacionada com os componentes da acidez potencial ( 26 ).

### 3. APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

Neste ítem, alguns aspectos devem ser observados com maior atenção. Para melhor compreensão, discrimina-se:

#### 3.1. Avaliação da quantidade de neutralizante

A exigência de calcário não constitui ou não está ligada a uma característica química ou físico-química do solo ( 5 ). Como consequência, os métodos e técnicas para analisar a citada exigência têm sido numerosas.

A adição do calcário ao solo pode ter como objetivo:

- a) Redução do  $Al^{+3}$  trocável;
- b) Elevação do pH até um determinado valor ou faixa;
- c) Suprimento de  $Ca^{++}$  ou  $Mg^{++}$  a um nível adequado.

a) Redução do  $Al^{+3}$  trocável.

1 eq. mg de  $Al^{3+}$ /100 g de solo = 20 eq. kg de  $Al^{+3}$ /ha = ( teoricamente ) a 20 eq. kg de neutralizante/ha.

Entretanto a necessidade de calcário depende não somente do teor de  $Al^{3+}$  trocável do solo, mas também da pureza e da finura do calcário, como se verá posteriormente.

KAMPRATH ( 28 ) procurando estudar a necessidade da calagem por este aspecto, incubou 3 solos minerais e 1 turfoso com calcário de malha 100 durante 4 semanas, com umidade na capacidade de campo. Após este período o autor determinou o alumínio trocável e o pH.

Em função dos resultados obtidos, passou a preconizar, para solos minerais, quantidades de calcário baseado no teor de alumínio trocável multiplicado por um fator entre 1,5 e 2,0.

Donde:

1 eq. mg de  $Al^{3+}$ /100 g de solo x (1,5 ou 2,0) = 40 eq. kg de neutralizante/ha.



Usando este critério, o pH do solo deve ser elevado ao redor de 5,5 (além de fornecer um nível adequado de cálcio e de magnésio, conforme demonstram os dados de MUZZILI (17) em solo Latossolo Roxo do Oeste do Paraná).

Tomando-se a neutralização da acidez pelo  $\text{CaCO}_3$  como 100%, tem-se:

$1 \text{ eq. mg de Al}^{3+}/100 \text{ g de solo} \times (1,5 \text{ ou } 2,0) = 40 \text{ eq. kg de neutralizante} \times 100/2 = 1000 \text{ kg do corretivo/ha}$  considerando o solo à profundidade de 20 cm e densidade igual a 1).

b) Elevação do pH até um determinado valor.

Os métodos que visam elevar o pH do solo a um certo valor, são baseados na extração de prótons dos diversos componentes da acidez do solo. Empregam como meio de calibração (ou aferição), experimentos de incubação de um certo número de amostras de terra com quantidades variáveis de carbonato com sódio.

A extração dos prótons é efetuada com uma solução tampão com pH conhecido. Ao reagir com o solo, o pH da solução sofre uma depressão. A necessidade de calcário é avaliada por esta depressão do pH da solução tampão e com quantidades de calcário especialmente tabelados.

c) Suprimento de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  a um nível adequado.

Um problema bastante comum na prática refere-se aos solos contendo baixo teor de alumínio trocável, baixo teor de  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  e pH baixo. Neste caso, a recomendação da quantidade de calcário precisa levar em consideração o teor de cálcio + magnésio, que deve ser elevado a 3 ou 4 eq. mg/100 g, porquanto o teor de alumínio não serve como fundamento (CATANI e BITTENCOURT (5)).

DEFELIPO et alii (6) ao compararem a determinação da necessidade de calcário em solos de Minas Gerais, observaram ótimos resultados com o emprego da fórmula:

$\text{CaCO}_3$  ( t/Ha) = 1,6 (6,0 - pH do solo) x% de M.O.

Fórmula semelhante foi proposta por KEENEY e COREY

( 15 ).

### 3.2. Incorporação do Calcário.

Para que o calcário possa neutralizar os efeitos da acidez do solo é necessário que haja solubilização. Entretanto, em virtude de sua origem sedimentar e do processo de obtenção, esta solubilização limita alguns aspectos da sua aplicação:

a) Sua aplicação deve ser pois, pelo menos, três meses antes do plantio;

b) Como os corretivos comercializados em nosso meio são, muito variáveis quanto à sua qualidade, deve-se fazer a correção do PRNT (poder relativo de neutralização total) na quantidade recomendada pela análise química do solo.

Obs: Dar preferência aos calcários Dolomíticos inclusive com relação Ca/Mg próxima a 3 ou 4 : 1.

c) A recomendação da quantidade de calcário é prevista para a incorporação numa profundidade de mais ou menos 20 cm. Para que ela seja uniforme, recomenda-se aplicar a metade antes da aração e metade antes da gradeação.

d) O calcário aplicado em cobertura do solo, em geral traz poucos benefícios às plantas.

A incorporação pouco profunda do calcário propicia a correção de apenas uma camada reduzida de solo. Quando as raízes de planta sensível aos níveis tóxicos de alumínio e manganês atingem a camada não corrigida, tendem a se desenvolver horizontalmente, ocupando um volume de solo muito menor que o da planta que consiga lançar raízes nas camadas mais profundas do solo.

O Quadro 4, retirado do trabalho de ERICO et alii ( 7 ) demonstra de maneira clara a problemática da incorporação do calcário.

### 3.3. Correção do PRNT e aspectos econômicos da aplicação do calcário.

TABELA 4 - Produção de grãos (milho) em função de níveis de calcário e da profundidade de incorporação. Kg/ha

Tratamento de calcário t/ha	prof. de Incorporação	Primeiro cultivo	Segundo cultivo*	Terceiro cultivo
0		2115	4569	880
1	0-15	3423	5281	1863
	0-30	4019	5684	2086
4	0-15	4004	5689	2265
	0-30	4797	6682	3058
8	0-15	3723	5960	2052
	0-30	4792	7266	3601

\*irrigado

O poder de neutralização do calcário está em função de:

a) Valor de neutralização

É a medida química de reatividade do material e calculado com base no equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

As substâncias empregadas como corretivo, geralmente apresentam diferentes composições e diferentes pesos moleculares, portanto, os valores de neutralização também serão diferentes.

Para transformar outras substâncias em equivalentes de carbonato de cálcio, usa-se os dados constantes na Tabela 5.

Tabela 5. Conversão em equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

Substâncias	Equivalente	Multiplicar por
$\text{CaCO}_3$ ( calcita )	$100/2= 50$	$50/50=1$
$\text{Mg CO}_3$ ( magnesita)	$84/2= 42$	$50/42=1,19$
$\text{Ca CO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ( dolomita)	$184/2= 46$	$50/46=1,09$
$\text{Ca (OH)}_2$ ( hidróxido de cálcio)	$94/2= 37$	$50/37=1,35$
$\text{CaO}$ (óxido de cálcio)	$56/2= 28$	$50/28=1,79$
$\text{MgO}$ (óxido de magnésio)	$40/2= 20$	$50/20=2,50$

Esta Tabela 5, é bastante útil, principalmente quando se observa que toda recomendação de calcários é baseada em equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ . Assim, quando se tem a análise de um material expressa em uma ou mais substâncias mencionadas e se deseja transformar os dados em equivalentes, utiliza-se as transformações apresentadas.

Exemplo:

Teor de  $\text{CaO}$ = 20%

Teor de  $\text{MgO}$ = 16%

( % de  $\text{CaO}$  x 1,79 + %  $\text{MgO}$  x 2,5 )= equivalente de  $\text{CaCO}_3$ .

35,8 + 40 = 75,8 % equivalente de  $\text{CaCO}_3$ . (Valor  
Neutralizante)

b) Tamanho da partícula ( Eficiência Relativa )

A maior parte da reação do calcário no solo se dá por contato entre a superfície da partícula e a solução do solo. Desta forma, quanto menor for a partícula de calcário, maior será a sua superfície de contato com o solo e mais rápida a reação para neutralizar a acidez do solo.

A Tabela 6 a seguir indica a eficiência relativa (E.R) dos calcários em função do tamanho das partículas, considerando um tempo de reação de três anos.

Tabela 6 - Eficiência relativa dos calcários em função da granulometria.

Tamanho das partículas (malhas/ polegada )	Eficiência Relativa %
Menor que 60 ( < 0,25 mm )	100
De 60 a 20 ( 0,84 mm )	60
De 20 a 8 ( > 0,84 mm )	20
Maior que 8	0

Sabendo-se o valor de neutralização do corretivo e a distribuição do tamanho das partículas, pode-se calcular a sua eficiência total, ou seja, o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

Como se observou, o PRNT deverá englobar tanto o valor de neutralização como a eficiência relativa. A fórmula de PRNT, portanto será:



$$\text{PRNT} = \frac{\text{equivalente de CaCO}_3\% \times \text{eficiência relativa}\%}{100}$$

Exemplo:

A análise do calcário revelou os seguintes dados químicos e físicos:

Dados químicos	Dados físicos
% de CaO = 20 %	85% menor que 60m/p
% de MgO = 16 %	8% entre 30 e 60m/p
	12% entre 8 e 20m/p
	0% maior que 8m/p

$$\text{equivalente de CaCO}_3 = 75,8\%$$

$$\text{PRNT} = \frac{75,8 \times \left\{ 85 \times \frac{100}{100} + 8 \times \frac{60}{100} + 12 \times \frac{20}{100} \right\}}{100}$$

$$\text{PRNT} = \frac{75,8 \times (85 \times 4,8 + 2,4)}{100} = 69,9\%$$

Como as recomendações de calagem são feitas com base no PRNT a 100 %, a recomendação de calcário deverá sofrer correção. Se, por exemplo, a recomendação fosse de 4 toneladas/ha, seriam empregadas:

$$4 \times \frac{100}{69,9} = 5,7 \text{ toneladas/ha}$$

Recentemente, RAIJ ( 20 ) apresentou resultados de PRNT em 25 amostras de calcário com base apenas em peneiras de 10 e 50 mesh/polegada; conforme proposto pela legislação sobre corretivos no país. A relação entre este método ( 10 e 50 mesh/polegadas) e o método em 4 peneiras ( menor que 60, entre 20 e 60, entre 8 e 20 e maior que 8 mesh/polegada) apresentou a seguinte equação:

$$y = 5,18 + 0,963 x, r = 0,995$$

onde y representa o PRNT pelo método proposto por RAIJ ( 20 ).

Ainda com relação a emprego de corretivos deve-se dar atenção ao equilíbrio entre o cálcio e o magnésio e o custo em função de PRNT.

Geralmente em solos onde predominam as cargas pH - dependente, o cálcio fica retido (nos colóides do solo) preferencialmente ao magnésio ( 24 ).

Desta forma, sob o ponto de vista de nutrição vegetal um calcário do lomítico deve ser preferível ao calcítico para prevenir a indução de uma deficiência de magnésio.

SFREDO ( 22 ) determinou, para três solos de Santa Catarina, uma relação ideal entre 3 partes de cálcio para 1 de magnésio em termos de eq.mg de Ca para eq.mg de Mg.

Entretanto esta relação pode variar de 3 a 5 partes de cálcio para 1 de magnésio, principalmente em função do fator multiplicativo para eliminar o  $Al^{3+}$ , ( trocável ) ou seja, do teor de calcário empregado .

Com relação ao aspecto econômico, o seguinte exemplo ilustra a questão.

Exemplo: Tem-se dois calcários, A e B com as seguintes características:

Produto	A	B
Preço/tonelada	CR\$ 250,00	200,00
PRNT %	85	70

Calcário A

$$\begin{array}{r} 250,00 \text{ ————— } 100 \\ x \text{ ————— } 90 \end{array}$$

$$x = \frac{250 \times 100}{90} = \text{CR\$ } 278,00/$$

/ tonelada efetiva

$$\begin{array}{r} 200,00 \text{ ————— } 100 \\ x \text{ ————— } 70 \end{array}$$

$$x = \frac{200 \times 100}{70} = \text{CR\$ } 286,00/$$

/ tonelada efetiva

Portanto, o calcário A, além de apresentar melhor PRNT, apresenta-se mais barato do que o calcário B. Porém, para a escolha de A ou B deve-se levar em conta também a relação Ca/Mg mencionada a cima.

#### 4. FÓSFORO

##### 4.1 No Solo

Os fosfatos nos solos são derivados de ácido fósfórico: ( $H_3PO_4$ ) e podem ser divididos em duas categorias: fosfatos inorgânicos e orgânicos ( 2 ).

A quantidade de fósforo nessas duas formas varia bastante. O teor de fósforo orgânico tende a acompanhar o teor de matéria orgânica do solo. Geralmente, apresentam valores mais baixos para subsolos e altos para a superfície ( 2 ).

Em geral os compostos orgânicos de fósforo ( fosfolípidos, ácidos nucleicos, fosfato inositol, etc.) são provenientes de resíduos de plantas, animais e microorganismos e são mineralizados lentamente a orto-fosfato.

Os fosfatos inorgânicos, formados quase que exclusivamente por sais de ácido orto-fosfórico, podem ser classificados como fluor, oxi e hidroxifosfatos de ferro, alumínio, cálcio, titânio, magnésio e manganês ( 14 ). Nestas formas, um dos íons de hidrogênio do  $H_3PO_4$  é substituído por cátions metálicos, caracterizando a forma de fósforo no solo ( 2 ).

Após este ligeiro apanhado sobre as formas de fósforo no solo, pode-se procurar entender o que ocorre quando se adiciona o fósforo na forma solúvel ao solo. É fácil entender que o elemento pode tomar as seguintes formas: fósforo solúvel em água, fósforo ligado ao alumínio, ferro e cálcio e fósforo ligado a formas orgânicas. Há, ainda, uma outra forma, o fósforo ocluso, ou solúvel em redutor.

De maneira geral, nos solos ácidos, a reação do fósforo solúvel ( adicionado ) com compostos de ferro e alumínio é responsável pela baixa solubilidade e reduzida disponibilidade do P para as

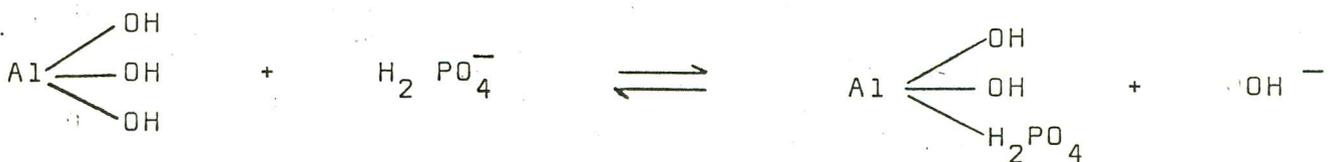
plantas. Tais compostos tanto podem ser precipitados da solução do solo como adsorvidos na superfície dos óxidos, ou em partículas de argila. O fenômeno é mais conhecido como fixação de fósforo ( ou sorção).

HEMWALL ( 14 ), cita que somente de 10 a 30% da quantidade adicionada ao solo é absorvida pelas culturas. Os demais 90 a 70% são consumidos pelas atividades microbianas, precipitados por cátions solúveis na solução do solo ou adsorvidos no seu complexo.

VASCONCELLOS ( 25 ), por exemplo, em solos de Mato Grosso, caracterizou uma sorção máxima de fosfatos de 0,102 e 0,748 mg de P/g de solo para o LATOSSOLO VERMELHO ESCURO, textura média e LATOSSOLO ROXO DISTRÓFICO fase campestre, respectivamente.

A permuta de  $H_2PO_4^-$  com a hidroxila presente na borda de caolinita é o mecanismo mais simples para explicar a sorção de fosfatos. A reação pode ser representada do seguinte modo:

consideremos um alumínio da estrutura do mineral de argila



Essa reação indica, portanto, que o fosfato deve ser sorvido reversivelmente com respeito à concentração e ao pH.

O efeito da calagem sobre a sorção e disponibilidade de fósforo deve, então, ser considerado sob o aspecto de neutralização do alumínio trocável, efeito do pH sobre a reatividade dos óxidos hidratados de ferro e alumínio, saturação com cálcio e de equilíbrio nutricional entre Ca, Mg e P.

#### 4.2 Na planta

O fósforo é essencial nos fenômenos de armazenamento e transferência de energia nas plantas, sob a forma de ATP ( trifosfato de adenósiva). É elemento-chave para que qualquer célula amarzene

energia e a utilize em toda e qualquer reação endergônica ( 27 ).

O ATP é necessário para a fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, de amino-ácidos e de lipídeos. Possui muita mobilidade no floema e de fácil redistribuição.

Os sintomas de deficiência, geralmente, são caracterizados por folhas verde-escuro ( ou verde azulado). Com relativa frequência desenvolvem-se, ao longo das nervuras, pigmentos vermelhos, roxos ou pardos. O crescimento é reduzido e, em condições de deficiência severa, as plantas ficam anãs.

Na cultura da soja, o fósforo também está intimamente ligado à fixação simbiótica do nitrogênio ( 12 ) ( vide Figura 1). Neste caso, as folhas podem apresentar-se amareladas, ocorrendo a redução no número de vagens por planta, diminuição do tamanho das vagens e, conseqüentemente, redução do tamanho e número de sementes por vagem.

#### 4.3 ADUBAÇÃO

Como foi caracterizado anteriormente, o fósforo solúvel, adicionado como fertilizante, passa por processos de insolubilização limitando o seu uso adequado. E, quanto maior for a superfície de contato entre o solo e o adubo fosfatado, maior será esta insolubilização. Este é um dos motivos que explica a adubação no sulco de plantio.

A Tabela 7, a seguir, apresenta as necessidades de alguns elementos para a cultura do milho e da Soja.

Transformando-se P em  $P_2O_5$  (  $P \times 2,29$  )<sup>+</sup>, verifica-se que tanto o milho como a soja exportam, aproximadamente, 60 kg de  $P_2O_5$ /ha.

Considerando que tanto os grãos como as palhas sejam retirados do solo, seriam necessários 90 kg e 78 kg de  $P_2O_5$ /ha para o milho e soja respectivamente.

---

<sup>+</sup>  $P_2O_5 = \frac{PM}{6} = 23,67$ ;  $P = PM/3 = 10,33$ ;  $23,67/10,33 = 2,29$

TABELA 7 - Exigências minerais do milho e da soja ( kg/ha )<sup>+1</sup>

Elemento	Soja <sup>+2</sup>		Milho <sup>+3</sup>	
	Total	Exportado	Total	Exportado
N	300	200	170	115
P	40	26	35	28
K	115	57	175	35
Ca	70	10	26,3	1,3
Mg	35	10	39	10
S	23	6	19	11

+ 1 - Fonte: MALAVOLTA ( 16 ).

+ 2 - Com base em 3.000 kg de grãos/ha.

+ 3 - Com base em 5.000 kg de grãos/ha.

Entretanto, sabe-se que a metodologia de adubação não é bem assim. Pode haver maior ou menor necessidade de adubação.

O normal ( ou o ideal ) é haver a correlação entre o P extraído do solo com o rendimento de grãos, caracterizando os pontos de máxima eficiência econômica (MEE) e de máxima eficiência técnica ( MET ) como pode ser observado na Figura 3.

Diversos extratores tem sido estudados, procurando o ajustamento desta equação: Os mais usados são: Carolina do Norte, Olsen, Bray e Kurtz modificado, Bray P<sub>2</sub>, etc.

É evidente que o ponto crítico, além de variar com o extrator, irá variar com uma série de outros fatores como: textura do solo, adubo fosfatado empregado, cultura, etc.

Quanto à textura do solo, por exemplo, VIDOR e FREIRE ( 12 ) indicam o ponto crítico de 8 a 10 ppm para solos de textura argilosa, enquanto que em solos com textura franco-argilosa, o ponto crítico se situa ao redor de 20-25 ppm.

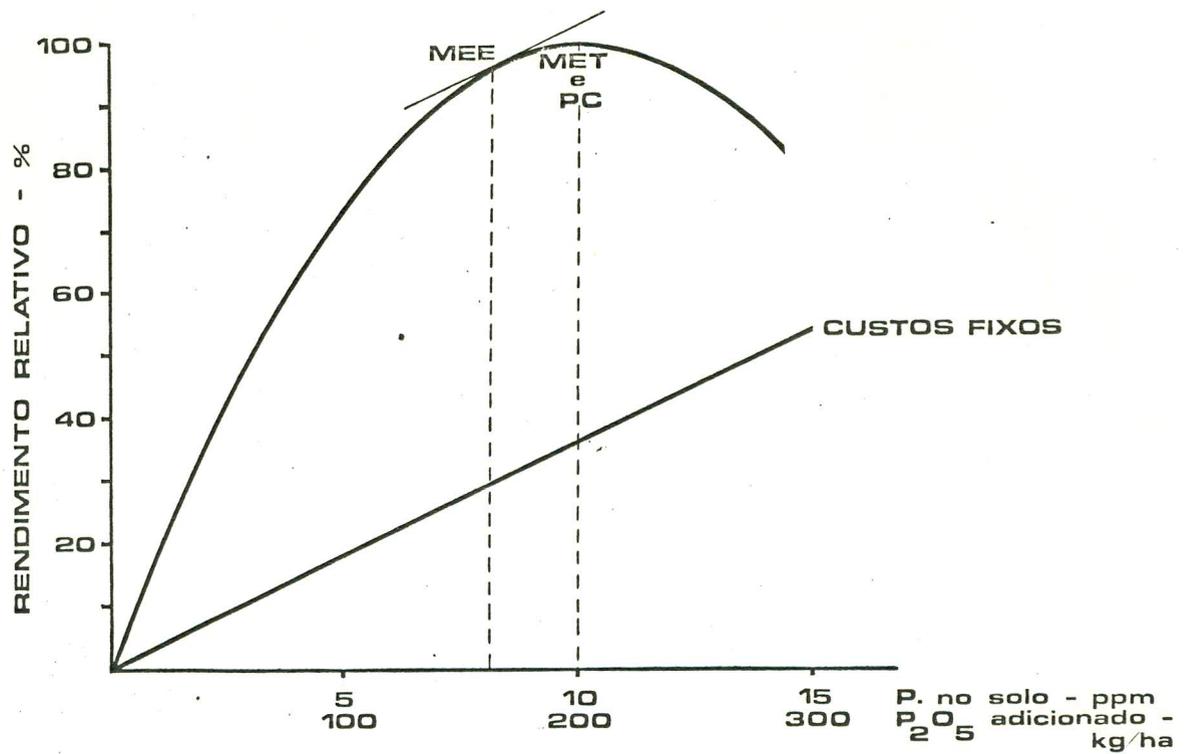


Figura 3 - Relação entre o fósforo disponível no solo e o rendimento relativo. Pontos de Máxima Eficiência Econômica ( MEE ) e Máxima Eficiência Técnica ( MET ), (Exemplo fictício). PC- Ponto Crítico.

TABELA 8 - Efeito de três fontes de fósforo sobre sua disponibilidade no solo e resposta em rendimento em grãos de soja.  
CNPSoja 1975/76

Tratamentos		Fósforo <sup>+</sup> "disponível"	Rendimento de grãos	
Fonte de Fósforo	níveis	no solo		
	P <sub>205</sub> <sup>Kg</sup> / <sub>ha</sub>	ppm P	Kg/ha	Relativo %
Superfosfato	0	3,3	2.658	74,1
	80	5,5	3.071	85,7
	160	7,3	3.390	94,6
	320	10,8	3.448	96,2
	640	28,5	3.585	100,0
Hiperfosfato	00	3,3	2.658	74,1
	80	5,7	2.994	83,5
	160	6,9	3.449	96,2
	320	14,0	3.501	97,7
	640	43,0	3.316	92,2
Fosfato de Patos de Minas	0	3,3	2.658	74,1
	80	5,8	3.051	85,1
	160	11,3	2.977	83,6
	320	15,9	3.229	90,1
	640	44,7	3.512	98,0

+ Método Carolina do Norte, amostragem na época do início do fãðrescimento.

TABELA 9 Efeito da aplicação de doses de adubos fosfatados (três fontes) como adubação de "correção" e de "manutenção" sobre o rendimento das culturas de trigo e soja. Média de 4 repetições.

Adubos	Adubação de * correção	Adubação de manutenção**			Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total/ha						
		Trigo	Soja	Trigo							
Fosfatados	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	0	100	200	0	100	200				
		Rendimento - Kg/ha									
SFTriplo	0	643	2578	3408	3403	648	1825	1566	2168	3382	3345
	100	730	3167	3782	3816	545	1448	1699	2277	3420	3422
	200	706	3578	3914	3667	717	1574	1601	2661	3290	3627
Hiperfosfato	0	441	2695	3563	3958	703	1380	1334	2279	3614	3603
	100	534	3272	3367	3846	599	1288	1386	2346	3338	3490
	200	552	3613	3003	3588	1060	1239	1444	3088	3690	3523
Fosf. Jacupiranga	0	299	2235	2206	2393	591	525	659	2044	2182	2044
	100	389	2405	2215	2567	503	578	531	1933	1994	1951
	200	307	2458	2182	2182	603	698	560	1757	2197	2261

\*Doses aplicadas no 1º cultivo (trigo). ( Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total/ha)

\*\*Doses reaplicadas em cada cultivo (trigo e soja).

Com relação ao adubo empregado, FOLE E MIELNICZUK ( 9 ) chamam a atenção para a interpretação errônea dos teores de fósforo no solo, quando analisado pelo método Carolina do Norte. Com a aplicação de 180 kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato triplo ou Escoria de Thomas, há um aparecimento de 10 ppm de P na análise, enquanto que com o hiperfosfato há um aparecimento de 25 ppm. Dados preliminares obtidos no CNPSoja, permitem observar as diferenças do P "disponível no solo em função da fonte de fósforo aplicada quando de uso de soluções ácidas fortes como extratores de P. ( Tabela 8 ).

Recentemente, FEITOSA e RAIJ ( 8 ) em solos do Estado de São Paulo, incubados com diferentes fontes de fósforo, determinaram que a extração com  $NaHCO_3$  0,5N pH8,5 ( método de Olsen ) discrimina melhor os teores de fósforo entre os adubos.

Um outro ponto a considerar na adubação fosfatada é o emprego da adubação de correção e/ou de manutenção.

Entende-se por adubação de correção a um teor X de fertilizante fosfatado, colocado à lanço na superfície do terreno e incorporado; por manutenção, à adubação na linha do plantio.

Algumas dúvidas tem surgido no emprego da adubação de correção, principalmente no que se refere ao custo operacional, ao teor e à fonte a ser empregada. A adubação de manutenção ( adubo na linha de plantio ), quando isolada, é aplicada em maiores quantidades e com boas respostas, sendo a mais frequentemente usada.

A Tabela 9, transcrita de GOEPFERT ( 13 ) exemplifica melhor a questão.

## 5. POTÁSSIO

Absorvido pelas plantas na forma de  $K^+$ , o potássio é ( usualmente ) o cátion mais abundante nas células vegetais. É comum a alimentação de luxo, isto é, há um aumento de  $K^+$  nos tecidos sem ser acompanhado por um aumento de produção.

O principal papel do potássio é o de ativador de numerosas enzimas . Por outro lado, como elemento essencial na formação do

amido, tem influência na síntese da celulose, o que favorece a maior resistência ao acamamento. É um catalizador da fotossíntese e aumenta o teor de óleo na soja ( 4 ).

Embora a maioria dos solos possua uma boa reserva de potássio, a sua inclusão nas adubações não deve ser descuidada, isto porque a soja é uma cultura que extrai quantidades consideráveis de potássio do solo. Através da Tabela 7, verifica-se que 50% do K absorvido são exportados nos grãos.

HANSON (dados não publicados), em condições brasileiras, calculou que são necessários 20,2 Kg de  $K_2O$  (16,8 kg de K)<sup>†</sup> para produzir 1000 kg de sementes, quantidade esta que é retirada com as sementes. Por outro lado, no desenvolvimento de uma lavoura de soja, a cada 1000 kg de grãos produzidos, as plantas extraem do solo 37,5 kg de  $K_2O$ . A diferença de 17,3 kg de  $K_2O$ , é o teor presente nas folhas, pecíolos e caule e que retorna ao solo ao fim do ciclo da cultura.

A função de potássio como ativador de numerosas enzimas ocasiona, quando há deficiência, alterações profundas no metabolismo das plantas. Compostos nitrogenados solúveis, inclusive as aminas putrescina e agmatina acumulam-se no tecido. A agmatina, possivelmente, seja a responsável pelas manchas necróticas ( ou necrose marginal) que aparecem nas folhas deficientes ( Sinclair, citado por EPSTEIN ( 27 ).

Quando a deficiência é acentuada, ocorre a diminuição do número de vagens por planta e diminui o tamanho e o número de grãos, aumenta o enrugamento das sementes e diminui o teor de óleo das mesmas.

## 6. MICRONUTRIENTES

Segundo GOEPFERT ( 13 ), na situação atual é difícil de

---

$$^{\dagger} K = 39/1 = 39; \quad K_2O = 94/2 = 47; \quad 47/39 = 1,205$$

$$K \times 1,205 = K_2O$$



determinar com precisão os níveis críticos dos micronutrientes no solo, apenas pode-se indicar em que condições poderão ocorrer as deficiências. O pH ( ver Figura 2 ), matéria orgânica, textura e umidade do solo são fatores que influem na sua disponibilidade para as plantas.

Pela avaliação das análises de tecido de soja dos experimentos de calibração ( Tabela 10 ) constatou-se que não ocorreram problemas de deficiência de boro e nem de cobre, embora em alguns locais tenha se observado baixos ( 5 a 9 ppm ) níveis de cobre no tecido vegetal.

Quanto a zinco, foram detectados teores deficientes ( < 15 ppm ) e baixos ( 15 a 20 ppm ) na maioria dos locais, embora em algumas parcelas dos experimentos de Londrina e Mauá ocorresse o inverso, com altos ( 51 a 75 ppm ) e excessivos ( >75 ppm ) teores de zinco no tecido de soja.

Observou-se que, em todos os locais, as plantas de soja absorveram teores altos e excessivos de ferro, alumínio e manganês, o que se explica pela elevada acidez da maioria dos solos onde se localizam os experimentos ( ver parâmetros na Tabela 11 ).

O molibdênio é elemento importantíssimo na bioquímica da fixação do nitrogênio. Os sintomas de deficiência de molibdênio são os mesmos de nitrogênio, isto porque a função deste elemento, tanto no solo como na planta, está ligada a oxiredução dos nitratos, por isto, torna-se difícil caracterizar isoladamente os sintomas de deficiência deste elemento. Em solos ácidos, onde as concentrações de ferro e alumínio livre são maiores, ele é mais fixado, por isto deve ser aplicado junto com a semente ( 13 ).

## 7. FIXAÇÃO SIMBIÓTICA DO NITROGÊNIO

O nitrogênio é um dos elementos constituintes das moléculas dos aminoácidos, que são a chave para a síntese das proteínas e portanto a base para a formação do tecido vegetal, do qual depende toda a vida na Terra.

Quase todo o nitrogênio empregado na agricultura provém de derivados de petróleo, os quais, nos últimos anos, atingiram preços proibitivos.



A possibilidade de obtenção de nitrogênio do ar através da fixação simbiótica, é uma das principais vantagens das leguminosas, no seu uso pelo homem para grãos e pastagens. Entretanto, esta vantagem somente será efetiva se houver um bom funcionamento da simbiose.

A bactéria que produz os nódulos nas leguminosas chama-se Rhizobium e a fixação do nitrogênio só ocorre em sua simbiose com a planta. O nitrogênio do ar, em difusão no solo, atravessa as paredes dos nódulos e é fixado, isto é, transformado em amônia pela ação de uma enzima chamada nitrogenase. A planta, através da fotossíntese, fornece carboidratos às bactérias. Através de reações químicas complexas, que tem lugar nos nódulos, são sintetizados os amino-ácidos precursores das proteínas (12).

A maior parte do nitrogênio necessário para o desenvolvimento e produção de soja (nas produções atuais) podem ser suprido pelos nódulos. Há, na verdade, trabalhos experimentais que indicam que todo nitrogênio pode ser fornecido pela fixação. Entretanto, como o solo em geral dispõe de algum nitrogênio fornecido pela mineralização da matéria orgânica, a quantidade de nitrogênio fixada do ar vai representar a diferença entre o disponível no solo e a quantidade total que a planta necessita para o crescimento e produção de sementes (12).

HANSON (dados não publicados) calculou que para se obter 1.000 kg de semente são necessários 54,6 kg de nitrogênio, enquanto que para o pleno desenvolvimento destas plantas de soja (toda parte aérea incluindo a semente) e para produzirem este rendimento (1.000 kg de semente) as necessidades são de 82,2 kg de N.

Se considerarmos o preço da tonelada de uréia em torno de Cr\$ 2.000,00 cada quilograma de N custará aproximadamente Cr\$ 4,50. Para se produzir 2.200 kg de sementes/ha, que é média do Estado do Paraná, serão necessários 181 kg de N, o que dará um total de Cr\$ 814,00 por hectare.

Após este raciocínio, fica desnecessário tecer qualquer comentário sobre as vantagens de inocular a semente de soja

para se obter boa nodulação e fixação do nitrogênio do ar.

## 8. AMOSTRAGEM DO SOLO

A amostragem do solo é a tarefa mais fácil de todas no processo de fazer análises de solo. Mas ao mesmo tempo é o ponto de erro mais comum e mais grave. Isto porque o solo é heterogêneo por sua própria formação. As variações na rocha matriz, o relevo, a vegetação, o uso do solo pelos agricultores, as adubações e calagem anteriores à amostragem são fatores que concorrem para desuniformidade do solo. Também o fato de coletarmos somente meio quilograma de solo para representar 1 (2.000 t), 5, 10 ou mais hectares demonstra que não é muito fácil tirarmos uma amostra de solo que seja representativa da área que vamos cultivar.

Para obtermos uma amostra representativa devemos observar os seguintes pontos:

a) Na área que vai ser amostrada, separar os diferentes tipos de solo (solos com cor, textura, relevo, vegetação e produções distintas). Evitar tirar amostras de manchas de solo que fogem ao comum da área. Para estas podem ser tiradas amostras separadas.

b) Para cada tipo de solo retirar no mínimo 25 amostras simples, ao acaso, juntá-las e misturar bem para fazer uma amostra composta

c) Para retirar uma amostra simples, limpar uma área de terra e abrir com uma pá, até 20 cm de profundidade, um buraco em forma de cunha. De um dos lados do buraco retirar uma fatia de solo, separar as bordas e colocar esta amostra simples em um recipiente limpo junto com as outras amostras simples.

d) Cada amostra composta deverá ter mais ou menos meio quilograma e deve ser acondicionada em saco de plástico, pano ou caixa de papelão, todos muito bem limpos. Responder a todos os itens do questionário e enviar a amostra ao laboratório.

e) ao ser feita a mostragem do solo, levar em conta que a amostra deve representar toda uma área de solo uniforme. Por isto, devemos evitar tirar amostras de locais com matéria orgânica em decomposição ( estrume ou restos de cultura ), em sulcos de erosão, próximo à construções ou árvores e onde tenha sido, a pouco tempo, depositado calcário à granel.

#### 9. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO

A interpretação dada aos resultados das análises de solos aqui apresentadas, são as adotadas pelo Laboratório de Análise de Solo da Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR ( 17 ).

##### pH do solo:

Valor do pH	Grau de reação
Menor que 5,0	Acidez elevada
De 5,0 a 6,0	Acidez média
De 6,0 a 7,0	Acidez fraca
7,0	Neutro
Acima de 7,0	Alcalino

Alumínio trocável:

---

Al <sup>3+</sup> ( e.mg/100ml de terra)	teor
Abaixo de 0,5	Baixo
De 0,5 a 1,5	Médio
Acima de 1,5	Alto

---

Cálcio trocável:

---

Ca trocável ( e.mg/100ml de terra)	teor
Abaixo de 2,0	Baixo
De 2,0 a 4,0	Médio
Acima de 4,0	Alto

---

Magnésio Trocável:

---

Mg trocável ( e.mg/100ml de terra )	teor
Abaixo de 0,4	Baixo
De 0,4 a 0,8	Médio
Acima de 0,8	Alto

---

Alguns laboratórios costumam proceder a determinação de Ca + Mg trocáveis juntos, ao invés de cada elemento em separado. Neste caso, a interpretação dos resultados passa a ser feita através da soma desses valores, ou seja:

Ca + Mg trocáveis (e.mg/100ml de terra)	teor
Abaixo de 2,4	Baixo
De 2,4 a 4,8	Médio
Acima de 4,8	Alto

Potássio trocável:

Os "níveis-padrão" de K trocável dependem da calibração de análises feitas para diferentes tipos de solo e para cada cultura através da experimentação de campo. Os valores abaixo são os adotados atualmente pelo IAPAR, para interpretar a disponibilidade de K trocável nos solos do Estado do Paraná, para a cultura da soja, sendo que poderá ser aprimorada no futuro com a evolução da pesquisa.

K trocável (e.mg/100 ml de terra)	teor
Abaixo de 0,10 (39 ppm)	Baixo
De 0,10 a 0,30	Médio
Acima de 0,30 (117 ppm)	Alto

Fósforo solúvel:

As análises para fósforo solúvel são feitas usando-se uma solução extratora a base de ácidos de fraca concentração (Método Mehlich -  $H_2SO_4$  0,25 N + HCl 0,05 N ).

Para o estabelecimento dos "níveis-padrão" de P assimilável é fundamental a condução de trabalhos experimentais com o objetivo de calibração dos índices analíticos para o método de análise adotado, para os diferentes tipos de solo e mesmo para as diferentes culturas.

Com base nas pesquisas até agora realizadas são adotados, no Laboratório de Análise do Solo do IAPAR os seguintes níveis para interpretação dos resultados da análise, visando recomendações para a cultura da soja:

P assimilável (ppm)	teor
Abaixo de 6	Baixo
De 6 a 12	Médio
Acima de 12	Alto

Também esta tabela poderá ser melhorada com a evolução das pesquisas em calibração de análise de solo.

Teor de Carbono:

Carbono %	Matéria orgânica% ( C% x 1,72 )	teor
Abaixo de 0,8	Abaixo 1,38	Baixo
De 0,8 a 1,4	1,38 a 2,40	Médio
Acima de 1,4	Acima 2,40	Alto

Porcentagem de Saturação de Alumínio trocável\* :

% de Saturação de Al	Grau de Saturação
Menor que 5	Baixo
De 5 a 45	Médio
Acima de 45	Alto

\* Evidenciamos contudo que estes níveis foram estabelecidos para julgar o solo, mas não sua aptidão para uma determinada cultura, pois a tolerância dos mesmos pode variar de espécie para espécie e mesmo entre cultivares de uma mesma espécie.

Para recomendações de fósforo e potássio, na cultura da soja estão sendo utilizados os padrões que são apresentados na Tabela 12. Esta tabela de recomendação é a que atualmente está em uso no Laboratório de Análise de Solo do IAPAR ( 17 ).

TABELA 11 Parâmetros de teores de elementos no tecido de soja no período de pré florescimento utilizando-se a quarta folha trifoliada de baixo para cima.

Concentrações dos Nutrientes no Tecido de Soja

<u>Nutriente</u>		<u>Deficiente</u>	<u>Baixo</u>	<u>Suficiente</u>	<u>Alto</u>	<u>Excessivo</u> (Tóxico)
Nitrogênio	%	< 3,50	3,50-4,25	4,26-5,50	5,51-7,00	> 7,00
Fósforo	%	< 0,15	0,15-0,25	0,26-0,50	0,51-0,80	> 0,80
Potássio	%	< 1,25	1,25-1,70	1,71-2,50	2,51-4,50	> 4,50
Cálcio	%	< 0,20	0,20-0,35	0,36-2,00	2,01-3,00	> 3,00
Magnésio	%	< 0,15	0,15-0,30	0,31-1,50	1,51-3,00	> 3,00
Enxôfre	%	< 0,15	0,15-0,20	0,21-0,40	> 0,40	
Zinco	ppm	< 15	15-20	21-50	51-75	> 75
Boro	ppm	< 10,0	10,0-20,0	20,1-50,0	50,1-80,0	> 80,0
Manganês	ppm	< 15	15-20	21-100	101-250	> 250
Ferro	ppm	< 30	30-50	51-350	351-500	> 500
Cobre	ppm	< 5,0	5,0-9,0	9,1-30,0	30,1-50,0	> 50,0
Alumínio	ppm		< 11	11-200	201-500	> 500
Molibdênio	ppm			1,0-5,0		

FONTE: Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Universidade de Wisconsin.

TABELA 12 - Tabela de recomendação de adubação para a cultura da soja usada no Paraná.

MUZILLI & IGUE ( 17 )

TEOR NO SOLO	NUTRIENTES A APLICAR				ADUBAÇÃO SUGERIDA	
	No plantio			Em cobertura	PARA O PLANTIO	
Fósforo Potássio	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	Fórmula	Quantidade
		Kg/ha				Kg/ha
Baixo (<0,10 me/100g)	0	90	60	-	0-30-20	300
Baixo Médio (0,10-0,30me/100g)	0	90	45	-	0-30-15	300
Alto (>0,30 me/100g)	0	90	30	-	0-30-10	300
Médio (6-12ppm)	0	60	60	-	0-20-20	300
	0	60	45	-	0-20-15	300
	0	60	30	-	0-20-10	300
Alto (>12ppm)	0	30	60	-	0-10-20	300
	0	30	45	-	0-10-15	300
	0	30	30	-	0-20-20	300

Inocular devidamente a semente de soja antes do plantio, para fornecimento N através de simbiose.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, F. & PEARSON, R.W. Crop response to lime in Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R.W. e ADAMS, F. ed. Soil Acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, p. 161-206, 1967.
2. BLACK, C.A. Soil plant relationship , 2º ed. New York, John Wiley Sons, Inc. 1968. 792p.
3. BORKERT, C.M. Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Angelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimento de duas cultivares de soja. Porto Alegre. 1973, 97p. (Tese de Mestrado).
4. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. São Paulo, Livraria Freitas Bastos, 1966. 594p.
5. CATANI, R.A., BITTENCOURT, U.C. Acidez do solo e seus componentes. Química do solo - Curso de Pós Graduação de solos e Nutrição / de Plantas. Piracicaba 27p. 1975.
6. DEFELIPPO, B.V.; BRAGA, J.M.; SPIES, C. Comparação entre métodos de / determinação de necessidade de calcário em solos de Minas Gerais. Experientiae, Viçosa. 13(4): 111-136. 1972.
7. ERICO, E.G.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V.; LOBATO, E. / Efeito da profundidade de incorporação de calcário na cultura de milho em solo ácido de cerrado do Brasil Central. R. bras. Ci. solo 1: 1-4. 1976.
8. FEITOSA, C.T. & RAIJ, B. Van Influência da natureza de fosfatos aplicados a dois solos no fósforo solúvel em extratores químicos e disponível para trigo e milho. Anais do Décimo Quinto Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Campinas p. 215-220. 1976.

9. FOLE, A.D. & MIELNICZUK, J. Efeito da aplicação de diferentes fontes fosfatadas sobre a produção da soja (Trabalho mimeografado e apresentado na III.<sup>a</sup> Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja. Fac. de Agronomia, UFRGS. Porto Alegre, 1975.
10. FOX, C.D. & BROWN J.C. Toxic factors in acid soils : I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 27(4):403-07, July/Aug. 1963.
11. FOX, C.D., FLEMING, A.L. and. ARMIGER, W.H. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. Agron. J. Madison, 61 (4): 505-11, July/Aug. 1969.
12. FREIRE, J.R.J. & VIDOR, C. II- Fixação simbitótica do nitrogênio. In: GOEPFERT, C.F., FREIRE, J.R.J., VIDOR, C. Nutrição da cultura da soja. Boletim Técnico, Agosto 1974, Porto Alegre. p.17-30. 1974.
13. GOEPERT, C.F. I- Fertilidade do solo In: GOEPERT, C.F., FREIRE, J.R.J., VIDOR, C. Nutrição da cultura da soja. Boletim Técnico, Agosto / 1974, Porto Alegre, p.5-16. 1974.
14. HEMWALL, J.B. The fixation of phosphorus by soils. Adv. in Agronomy, New York, 9:95-112, 1957.
15. KEENEY, D.R. & COREY, R.B. Factors affecting the lime requirements of Wisconsin soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 27 (3):277-280. 1963.
16. MALAVQLTA, E. Curso de nutrição mineral de plantas cultivadas. Curso de Pós-graduação em solos e nutrição de plantas. E.S.A. "Luiz de Queiróz" 1974 (Mimeografado).

17. MUZZILLI, O. & IGUE, K. Fertilidade do solo e adubação. In: Fundação Instituto Agronômico do Paraná. Manual Agropecuário para o Paraná. Londrina 1976. cap. 4, p. 104-151.
18. OHLROGGE, A. J. Mineral nutrition of soybeans. In: NORMAN, A. G. ed. The soybean; genetics, breeding, physiology, nutrition, management. New York, Academic Press, 1963. p. 125-60.
19. PARKER, M. B., HARRIS, H. B., MORRIS, H. D. and PERKINX, H. F. Manganese toxicity of soybeans as related to soil and fertility treatments. Agron. J., Madison, 61(4):515-18, July/Aug. 1969.
20. RAIJ, B. Van. Estudos de materiais calcários usados como corretivos do solo no Estado de São Paulo. IV-O poder relativo de neutralização total. (Mimeografado em preparação para publicação)
21. SALMON, R. C. Cation exchange reactions. Journal of Soil Science, / 15:273-83. 1964.
22. SFREDO, G. J. Efeito das relações entre Ca e Mg sobre o pH,  $Al^{+++}$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  no solo e sobre a produção de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa - 1976, 61p. (Tese de Mestrado).
23. SIQUEIRA, O. J. F. de, KOCHHANN, R. A., BARTZ, H. R., SCHOLLES, D., BORKERT, C. M., MARTINI, J. A. Redução da acidez do solo pelo efeito de doses de calcário e reflexos para o sistema de cultivo trigo x soja. In: SOJA- Resultados de Pesquisa obtidos em Passo Fundo em 1974/75. Volume II - III Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja / RS/SC. Porto Alegre, RS p. 15-30. 1975.
24. VASCONCELOS, C. A. Equilíbrio iônico e capacidade de troca de cations, de alguns solos em função do pH e dos teores de cálcio e magnésio. Piracicaba, 1976. 112p. (Tese de Doutorado).

- 41
25. VASCONCELLOS, C. A. Fósforo em dois Latossolos do Estado do Mato Grosso: adsorção, dessorção e crescimento vegetal. Viçosa, 1974, 103 p. (Tese de Mestrado)-.
  26. VOLKWEISS, S.J. & LUDWICK, A.E. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1971 30 p. (Boletim Técnico 1, 2ª impressão).
  27. EPSTEIN, E. Nutrição Mineral das Plantas. São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo. Tradução e Notas de MALAVOLTA, E., 1975. 341 p.
  28. KAMPRATH, E.J. - A acidez do solo e a calagem. International Soil Testing (Boletim Técnico nº 04). 1967. 23 p.