

## 1. NUTRIÇÃO MINERAL E FERTILIDADE DO SOLO

## 1.1. Conteúdo dos elementos (nutrientes) nos adubos e corretivos

As recomendações para fertilização, com base na análise do solo e do histórico das áreas, são dadas em kg/ha, indicando o corretivo e o adubo (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) a ser aplicado. Normalmente, o técnico não procura relacionar as quantidades aplicadas com o que, teoricamente, acrescentou-se ao solo em termos de elemento.

Através da Tabela 1, pode-se calcular as quantidades de nutrientes adicionadas ao solo e verificar a percentagem de recuperação. Raij (1981) mencionou algumas possíveis eficiências encontradas no solo após a aplicação dos fertilizantes, procurando facilitar a adequação periódica dos insumos aplicados.

TABELA 1. Variações teóricas de nutrientes aplicados ao solo e alguns resultados encontrados (Adaptado de Raij, 1981).

Quantidade adicionada 100 kg/ha (1)	Elemento	Teor no Solo		Recuperado (2) %
		Teórico µg/cc	(adicionado) m.eq/100cc	
K <sub>2</sub> O	K	42	0,11	50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	22	0,21	< 5
CaO	Ca	36	0,18	50
MgO	Mg	30	0,25	50

(1) Correspondência a 83,3 kg/ha de K; 43,7 kg/ha de P; 71,4 kg/ha de Ca; 60 kg/ha de Mg.

(2) Recuperado na análise de solo. É dependente de algumas variáveis (quantidade, tempo, solo, amostragem, manejo, etc).

1/ Apresentação feita no curso de Atualização em Fertilidade do Solo, em Machado-MG, de 07 a 10 de junho de 1988.

2/ Pesquisador do CNPMS - Sete Lagoas-MG, Doutor em Solos e Nutrição de planta.

## 1.2. Extração de nutrientes pelas plantas

A análise de solo acompanhada do histórico de uso da área pode facilitar a interpretação dos seus resultados e favorecer um aprimoramento nas recomendações de insumos. Para facilitar este entendimento (e interpretação) a Tabela 2 procura de mostrar as necessidades básicas das culturas do milho e da soja para a produção de 1 t de grão.

TABELA 2. Exigência nutricional (kg) para produzir 1 t de grão.

Cultura	Total de grãos					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Soja <sup>1/</sup>	70	6	38	28	13	4
CV Santa Rosa	65	5	23	4	3	2
Milho <sup>2/</sup>	29	5	36	6	6	4
Diversos	21	4	6	1	2	2

<sup>1/</sup> Bataglia et alii (1976). Não considerou folhas perdidas. Produtividade 2093 kg/ha

<sup>2/</sup> Malavolta & Dantas (1978). Três cultivares. Produção média 6070 kg/ha.

Apesar destes valores serem influenciados por uma série de fatores, pode-se verificar que a exportação do cálcio e do magnésio é bastante baixa tanto para o milho como para soja. Para uma produção de 2 t de soja saem, nos grãos, 8 e 6 kg/ha e de magnésio, respectivamente. Isto irá representar um decréscimo de apenas 0,02 meq. de Ca e de Mg/100 cc.

Por outro lado, uma adubação de 90 kg de  $P_2O_5$ /ha e 40 kg de  $K_2O$ /ha, com uma produtividade média de 2.000 kg/ha de soja e 4000 kg/ha de milho, permite verificar, para a cultura da soja, um resíduo de 67 kg de  $P_2O_5$ /ha e um déficit (que saiu do solo) de 15 kg de  $K_2O$  (~6 ppm de K); para a cultura do milho, há verá um resíduo de 53 kg/ha de  $P_2O_5$ /ha e de 11 kg de  $K_2O$ /ha.

A baixa recuperação dos valores na análise de solo, não permite identificar com clareza que se está construindo uma fertilidade (para P e K) ao longo das sucessivas adubações. Portanto, é importante observar o Histórico de uso da área e a necessidade de conhecer a percentagem de recuperação dos elemen -

### 1.3. Amostragem de solo

É com base nos resultados analíticos de uma amostra de solo que se transfere as recomendações para o uso de fertilizantes e corretivos. Portanto, todo o sucesso dessas recomendações fica, em última análise, na dependência da amostragem bem feita.

Existe uma série de recomendações práticas sobre a amostragem, tais como, separar a área em glebas de 10 ha, homogênea quanto a vegetação, relevo, solo (cor, textura), histórico agrícola, drenagem etc. De modo geral, recomenda-se retirar 20 amostras simples por gleba, em zig-zague, obedecendo-se a amostragem posta, retirar  $\pm$  400 g para o envio ao laboratório devidamente embaladas e identificadas. Outros detalhes, podem ser obtidos em diversas publicações mais práticas, da EMATER e nas "Recomendações para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais-3ª aproximação (1978)".

Caso a amostra de solo represente uma área de 10 ha, haverá um volume de  $20 \times 10^6$  litros de terra. Da amostra enviada ao laboratório ( $\pm$  0,4 litros), retira-se 10 ml de terra para as determinações analíticas. Estes representam a magnitude da extrapolação dos resultados: apenas 0,01 l de terra deverá representar a variabilidade de  $20 \times 10^6$  litros.

Aliado a este aspecto, deve-se avaliar a heterogeneidade natural do solo. A Tabela 3 demonstra os valores médios obtidos para P e K e os respectivos coeficientes de variação (o que dá uma indicação da dispersão dos valores em torno da média), em solo LEd, fase cerrado em duas diferentes etapas de manejo. Nesta Tabela, pode-se verificar a variação natural dos elementos e reafirmar a necessidade de haver um critério rigoroso na amostragem.

Quanto maior o número de amostras simples por amostragem posta, menor variabilidade em torno da média e mais confiável é o resultado analítico. Principalmente para P, o preparo do terreno (aração e gradeação) também aprimora o resultado analítico.

Neste aspecto, deve ser observado que, enquanto o solo não recebe adubação alguma, as especificações para a amostragem minimizam o uso de variação natural dos elementos. Após as adubações convencionais no sulco de plantio, há aumento da heteroge -

neidade do terreno. Neste caso, a quantidade de amostras simples retiradas nas entrelinhas e nos sulcos de plantio irá determinar a fertilidade do solo amostrado, como indicado na Tabela 4, e dificultar a interpretação correta dos resultados. Sugere-se, portanto, principalmente para a cultura do milho, que as amostras sejam tomadas após a aração e gradeação do terreno, ou, antes destas operações, nas entrelinhas de plantio.

Considerando uma aplicação de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha (26,2 kg de P/ha) no sulco de plantio na cultura de milho com espaçamento de 1 m entrelinhas, pode-se considerar com otimismo que apenas 5% do volume de solo/ha recebeu o adubo fosfatado. Desta forma, 26,2 kg de P/100.000 kg de terra ou seja, 262 ppm de P, caso não houvesse "fixação", seria a concentração de P encontrada no sulco de plantio.

Outro aspecto que merece atenção para a amostragem do solo, é o uso do Fosfato Natural. Neste caso, ressalta-se a importância do Histórico da Área e a necessidade de análise por extrator específico (ver item fósforo).

A solubilização dos fosfatos considerados insolúveis fica na dependência do tempo e da sua movimentação no solo. O extrator duplo-ácido, como o extrator Mehlich I, dissolve P diretamente no adubo, alterando a interpretação dos resultados analíticos.

## 2. ADUBAÇÃO VERDE

### 2.1. Resistência à decomposição

A adição de restos culturais influi em diferentes características físico-químicas do solo. Mello et alii (1979), por exemplo, demonstraram que a adição da palhada de milho resultou no decréscimo do alumínio trocável, aumento do pH e de retenção de umidade em cinco solos do município de Piracicaba.

Dentre as diferentes pesquisas demonstrando o efeito benéfico da adubação verde, aumentando a produtividade de diferentes culturas, pode-se mencionar o trabalho de Muzilli et alii (1983) no qual verifica-se que a adubação verde com tremoço-branco é uma alternativa recomendada para recuperar a capacidade produtiva de

TABELA 3. Variação dos teores de P e K em LEd, fase cerrado, sobre duas condições de manejo, em função do critério de amostragem. Sete Lagoas/CNPMS.

Manejo	Elementos	Critério de amostragem				
		30 simples	10 compostas de 5 simples	5 compostas de 10 simples	5 compostas de 20 simples	
Área Recém-Desmatada	K	Valor $\bar{X}$ (ppm)	75	59	57	59
		C.V. (%)	31	14	6	8
	P	Valor $\bar{X}$ (ppm)	1,3	1,4	1,4	1,6
		C.V. (%)	54	37	9	34
Área Recém-Desmatada após preparo (arado + + grade)	K	Valor $\bar{X}$ (ppm)	60	52	52	40
		C.V. (%)	28	23	16	12
	P	Valor $\bar{X}$ (ppm)	1,6	2,2	2,2	1,8
		C.V. (%)	39	19	35	25

solo degradado pelo uso intensivo e reduzir os gastos com fertilizante nitrogenado na cultura do milho. De modo análogo, trabalhos do CNPMS (Tabelas 5 e 6) permitem inferir um aumento médio de produtividade de milho em 37% e a soja em 12% com a rotação soja-milho.

TABELA 4. Valores de fósforo disponível (em ppm) em função das adubações no sulco de plantio e a lanço e da % de mistura de terra (1º ano). Solo LE, textura argilosa, fase cerrado.

Adubação no sulco	% Terra do sulco	Adubação a lanço			
		0	200	400	800
50	0	2,7	3,7	5,0	9,0
	25	3,3	4,3	7,3	12,3
	50	4,7	7,0	9,7	16,7
	75	6,3	8,3	12,0	22,7
	100	7,3	10,7	14,7	23,3
150	0	2,7	4,3	7,3	12,0
	25	4,3	6,7	11,3	14,0
	50	8,3	10,3	14,3	18,3
	75	14,0	14,0	21,7	21,7
	100	17,3	16,3	27,7	28,0

FONTE: Vasconcellos et alii (1982).

TABELA 5. Efeito de diferentes manejos de cultura sobre a produtividade de milho em LED, fase cerrado. CNPMS, Sete Lagoas-MG (Dados com Fósforo Natural).

Milho após	Ano Agrícola		
	1984	1985	1986
Mucuna	4000 (114)	6350 (138)	3270 (107)
Milho	4320 (123)	6030 (131)	4470 (156)
Milho + Mucuna Intercalar	3500 (100)	4590 (100)	3060 (100)
Milho + Mucuna Intercalar após soja	3280 (94)	6030 (131)	2560 (83)

TABELA 6. Produção de massa seca, de grãos e quantidades de nutrientes que retornam e são incorporados ao solo através de restos culturais da soja - cv. Doko. Sete Lagoas, 1987.

Tratamento após soja	Massa		N	P	K	Ca	Mg	Zn
			kg/ha					
Ano 1984/85								
Soja	3240	1700 (100)	39	2	27	23	9	53
Milho	3700	1910 (112)	44	3	27	27	11	71
Milho-Mucuna	3400	1750 (103)	43	2	26	27	10	89
	$\bar{X}$		42	2	27	26	100	71
Média dos tratamentos com e sem fosfato								

Por outro lado, apesar das quantidades de nutrientes incorporados e reciclados pelos restos culturais serem maiores com os resíduos de mucuna (Tabela 7), o aumento da produtividade não foi superior àquele obtido com a rotação.

TABELA 7. Produção de massa seca e quantidades de nutrientes que retornam e são incorporadas ao solo através de restos culturais da mucuna preta. Sete Lagoas, 1987.

Fosfato natural	Massa	N	P	K	Ca	Mg	Zn
							g/ha
-----kg/ha-----							
Ano 1983/84							
Com	5130	118	8	66	44	9	111
Sem	3670	84	6	47	31	7	79
	$\bar{X}$	101	7	57	38	8	95
Ano 1984/85							
Com	10540	328	28	208	87	20	238
Sem	11630	312	21	202	67	17	128
	$\bar{X}$	320	25	205	77	19	183

## 2.2. Adubação verde

Na atividade agropastoril existe uma parte inesgotável de resíduos (dejetos de animais, restos de culturas, palhas, etc.) que, quando bem manejados, podem trazer benefícios ao solo, incorporando nutrientes e melhorando suas propriedades físico-químicas. Por outro lado, sua não utilização acarreta a exportação de nutrientes retirados do solo e problema de poluição ambiental.

Normalmente, o meio mais fácil para o uso destes resíduos é sua incorporação "in natura" ao solo, onde irão decompor-se por processos físicos, químicos e biológicos. De modo geral, os resíduos com menos de 1,5% de nitrogênio, relação C/N alta, são decompostos mais lentamente e acarretam uma competição entre as plantas e os micro-organismos, pelo nitrogênio do solo (ou do fertilizante). Na Tabela 8, resumida de Marriell et alii (1987), estão apresentados a composição química de alguns resíduos.

TABELA 8. Composição química de alguns resíduos das atividades agropastoris, % base seca.

Resíduos	Matéria orgânica	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Relação C/N
Cana e sorgo sacarino (vinhaça)	14,6-48,6	0,023-0,074	0,01-0,02	0,10-0,17	14-40
Leguminosas: soja, crotalária, mucuna, etc.	88,4-96,7	1,63-4,56	0,29-2,08	0,33-2,97	11-32
Milho: palhas, sabugos, restivas	45,2-96,75	0,48-0,52	0,19-0,38	0,90-1,64	67-112
Estercos: Bovinos	20-58	0,3-2,9	0,2-2,4	0,1-4,2	18-32
Aves	26-84	1,8-5,9	1,5-6,6	0,8-3,3	7-16
Suínos	53-76	1,8-6,8	0,7-2,7	0,4-1,4	12-25



O CNPMS possui alguns trabalhos com esterco de suínos em colaboração com a Agrocere, EMATER-MG e EPAMIG, cuja síntese é apresentada na Tabela 9.

TABELA 9. Produção de milho em diferentes tratamentos com es-  
terco líquido de suínos.

Tratamento	Produção kg/ha	Produção relativa
TESTEMUNHA	2250	58
45 m <sup>3</sup> /ha	4960	128
90 m <sup>3</sup> /ha	6160	159
135 m <sup>3</sup> /ha	6200	160
Adubação química	3860	100
90 m <sup>3</sup> /ha + adubação química	5740	148
90 m <sup>3</sup> /ha não incorporado	5500	142
90 m <sup>3</sup> /ha + 200 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6320	163

Apesar das maiores produções serem obtidas com 90 m<sup>3</sup>/ha de esterco líquido de suíno/ha, as informações mostram que 45 m<sup>3</sup>/ha substituem satisfatoriamente as necessidades de adubação química para a cultura do milho.

Conforme Scherer et alii (1984), não havendo limitação de disponibilidade de esterco de suínos, é recomendado a aplicação de 3,5 a 4,2 t/ha/ano (peso seco), doses estas suficientes para manter uma produtividade relativa do milho entre 90 e 95% do teto máximo. Os autores verificaram que a aplicação do esterco aumentou a disponibilidade de P e K e não afetou o pH e o nível de M.O. do solo.

Ernani (1984) determinou que a adição de nitrogênio aumentou o rendimento de milho em vários tratamentos com esterco de suínos e aves, à excessão daqueles com cama de aves aplicados aos dez dias antes da semeadura.

Em média, cada m<sup>3</sup> de esterco líquido de suínos-matrizes possui 6,8 kg de N, 4,7 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 1,7 kg de H<sub>2</sub>O. Portanto, 45 m<sup>3</sup> irão incorporar 306 kg de nitrogênio/ha, 212 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha e 77 kg de H<sub>2</sub>O/ha. É evidente que a recuperação dos elementos contidos nos dejetos depende do processo de coleta e de seu armaze-

namento.

Quanto ao esterco de aves, vários trabalhos têm apresentado sua viabilidade em diferentes culturas. Scherer & Jucksch (1982) verificaram que não houve interação significativa entre a cama de aviário e a adubação fosfatada, em dois solos de Santa Catarina. A máxima produção física foi obtida com aplicação aproximada, de 4 t/ha. Em outro trabalho, Jucksch et alii (1982) evidenciou que é inviável a aplicação de esterco de aves visando somente o suprimento de nitrogênio. Farias et alii (1986), durante quatro anos sucessivos avaliou o efeito de esterco de bovinos e de aves sobre a qualidade da forragem de milho, sorgo e capim elefante. Os dados foram favoráveis à aplicação do esterco (10 t/ha de esterco bovino ou 5 t/ha do esterco de aves).

O vinhoto, um resíduo das destilarias de álcool ou de aguardente, também podem ser usados com sucesso na produção de milho e sorgo. Na Tabela 10 estão apresentados os dados obtidos no CNPMS por Marriel et alii (1987). A semelhança dos dados obtidos por Nunes et alii (1981), a aplicação do vinhoto alterou a composição química do solo, reduzindo sua acidez, elevando as bases trocáveis e a produção.

TABELA 10. Alterações nas características químicas do LE, fase cerrado, Sete Lagoas, com aplicação de vinhoto por quatro anos sucessivos.

Tratamento	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Rendimento
		--meq/100cc--		---ppm---			kg.ha <sup>-1</sup>
Testemunha	4,8	1,8	1,8	0,3	86	4	1300
Adubação mineral + calagem	5,2	0,2	3,1	1,5	88	3	2780
Vinhoto	5,1	0,7	1,8	0,7	135 <sup>†</sup>	3	2950
Adubação mineral + vinhoto	5,2	0,4	2,2	1,1	135 <sup>†</sup>	4	4530

FONTE: Marriel et alii (1987):

## 3. FÓSFORO

O critério de interpretação atualmente em uso e de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978) pode ser observado na Tabela 11.

TABELA 11. Interpretação dos níveis de P disponível pelo extrator de Mehlich I (HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N) atualmente em uso no estado de Minas Gerais.

Classificação	Níveis (ppm P)	
	Textura média a arenosa	Textura argilosa
Baixo	0 - 10	0 - 5
Médio	11 - 20	6 - 10
Alto	20	10

FONTE: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

O extrator de Mehlich tem sido razoavelmente adequado como um indicador da disponibilidade de fósforo em solos sem adubação e com aplicação de adubos fosfatados solúveis. Entretanto, em alguns casos, como em Terra Roxa Estruturada e em solos com uso de fosfatos naturais, este método apresenta algumas limitações, não discriminando o teor "disponível". Quando se usa fosfatos naturais, devido ao alto poder de dissolução das formas de fósforo ligadas a cálcio (forma não "disponível" - solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por esse extrator, há uma superestimação do teor de fósforo "disponível" e baixa correlação com o crescimento e/ou produção vegetal. Em função destes resultados, em São Paulo têm-se adotado a Resina trocadora de ânions, como indicadora do fósforo "disponível" cuja interpretação (e recomendações) encontra-se na Tabela 12.

TABELA 12. Interpretação do fósforo extraído por Resina, com as respectivas recomendações para fósforo e potássio para a cultura do milho.

P ug/cm <sup>3</sup>	0 - 0,07	K - trocável - meq/100 cm <sup>3</sup>		0,30
		0,08 - 0,5	0,16 - 0,30	
Recomendações kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O/ha				
0 - 6 - Muito baixo	80 - 60	80 - 45	80 - 30	80 - 20
7 - 15 - Baixo	50 - 60	50 - 45	50 - 30	50 - 20
16 - 40 - Médio	30 - 60	30 - 45	30 - 30	30 - 20
40 - Alto	20 - 60	20 - 45	20 - 30	20 - 20

FORTE: Raij et alii (1985)

Para ilustrar um dos problemas do extrator Mehlich I, a Figura 1 demonstra a não associação entre a produção e os teores de fósforo disponível em áreas de cultivos contínuos com a sucessão trigo-soja no Estado do Paraná. Neste caso, é importante o uso do HISTÓRICO DE ÁREA, ou Trabalhos com outros extratores que melhor discriminam o elemento "disponível".

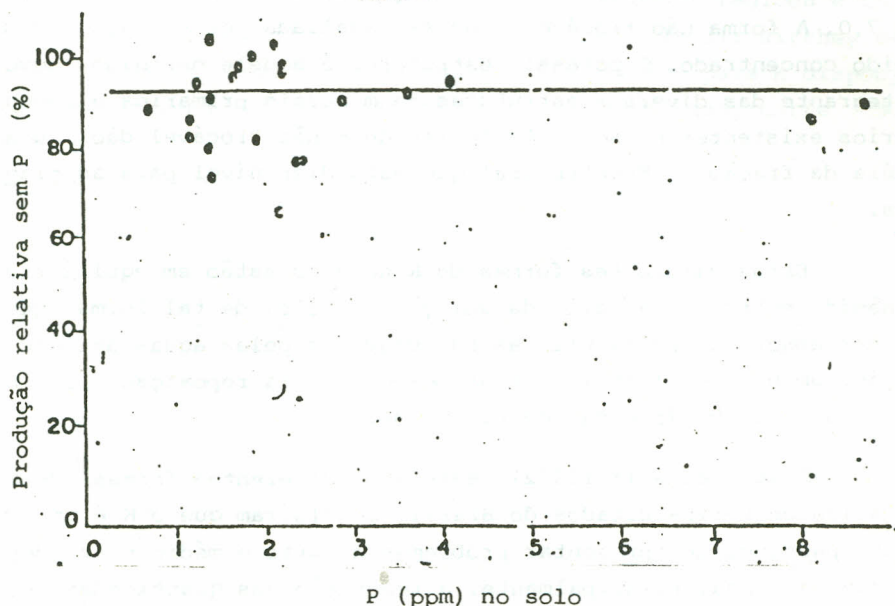


FIGURA 1. Relação entre o teor de fósforo extraído na análise (método de Mehlich) e a produção relativa de soja, em áreas de cultivo contínuo com a sucessão trigo-soja no Estado do Paraná.

FONTE: IAPAR/Programa Soja, safras 1974/75 e 1975/76

#### 4. POTÁSSIO

O potássio se apresenta de diversas formas, tais como:

- solúvel em água
- trocável
- não trocável
- potássio contido na matéria orgânica

- potássio estrutural

A forma de K solúvel é a quantidade de K extraída por determinado volume de água em um momento qualquer. Representa o teor de K livre das forças de absorção exercidas pelas partículas coloidais do solo.

Sob a denominação de K-trocável encontra-se a quantidade do elemento que é extraída como solução de acetato de amônio 1N pH 7,0. A forma não trocável pode ser avaliada por extração com ácido concentrado. O potássio estrutural é aquele definido como integrante das diversas estruturas de minerais primários e secundários existentes no solo. As formas de K-não trocável dão uma idéia da fração do K-estrutural que está disponível para as plantas.

Estas diferentes formas de K no solo estão em equilíbrio dinâmico entre si, através da solução do solo, de tal forma que ao ser absorvido pelas plantas ou removidos pelas águas de percolação, um novo equilíbrio é restabelecido pela reposição de K através da adubação e das demais formas.

Castro et alii (1972), estudando diferentes formas de K em solos de vários Estados do Brasil, concluíram que o K é um elemento passível de apresentar problemas a curto e médio prazo, desde que não haja, principalmente, a reposição das quantidades extraídas pelas culturas. Em 60% das amostras o K-não trocável (obtido com  $\text{HNO}_3$  1N) ficou abaixo de 137 ppm, sendo este o limite apresentado por Metson (1968), abaixo do qual há possibilidade de deficiência de K.

O trabalho apresentado por Braga & Brasil Sobrinho (1973b) para alguns solos de Minas Gerais, apresentou os seguintes níveis críticos de K-não trocável: 44 ppm (extrator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N); 55 ppm (extrator 1 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc.) e 75 ppm (extrator 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  conc.).

Para as análises de rotina, determina-se o potássio "disponível" para as plantas através de um extrator químico que retira, de modo análogo aos extratores para fósforo, uma determinada quantidade de K, sem especificar a forma deste no solo. Normalmente, este extrator deve retirar, predominantemente as formas de K - trocável e o K - na solução do solo.

Muitos extratores químicos podem ser adotados para medir esta disponibilidade de potássio. Entretanto, para uniformização dos resultados, utiliza-se o extrator Mehlich I.

Em Minas Gerais, para fins de interpretação das análises do solo, distinguem-se três níveis de disponibilidade de potássio, Tabela 12. Diversos trabalhos, em diferentes regiões e culturas (Braga & Brasil Sobrinho (1973a), Raij (1973); Ritchey et alii, 1979), têm demonstrado que o nível crítico para K disponível, determinado pelo método Mehlich I, está situado entre 50 e 60 ppm.

TABELA 13. Classificação do K "disponível" - ppm

Classificação	Níveis de K
Baixo	0 - 30
Médio	31 - 60
Alto	60

FONTE: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1978).

## 5. NITROGÊNIO

Não existe ainda um método de análise do nitrogênio, em rotina, para medir sua disponibilidade em solos. A dificuldade na obtenção desse método está, em grande parte, ligado às transformações de N no solo que são bastante influenciadas pelas condições ambientais. As recomendações são baseadas na curva de resposta de produção a doses de nitrogênio aplicada, no histórico da área e na produtividade esperada.

A recomendação média fica entre 40 - 80 kg de N/ha.

Com relação a época de aplicação, Novais et alii (1974) observaram que, para a cultura do milho, a aplicação parcelada de 1/3 do nitrogênio no plantio e 2/3 aos 45 dias e de 1/2 aos 25 dias e 1/2 aos 45 dias após o plantio apresentaram os melhores rendimentos. Estes resultados foram, inclusive, superiores ao

fracionamento em quatro épocas até 65 dias após o plantio, Tabela 14. Grove et alii (1980), demonstraram que uma única aplicação aos 30 dias após o plantio apresenta produção e porcentagem de recuperação de nitrogênio semelhante ao tratamento com duas aplicações aos 20 e 60 dias após o plantio.

Normalmente, o nitrogênio de cobertura é aplicado a 20-30 cm da linha de plantio, entretanto, a variação desta distância não acarreta prejuízos ao aproveitamento do nutriente. Alguns trabalhos têm demonstrado que a aplicação do nitrogênio no meio da linha e em linhas alternadas também é uma opção, principalmente quando há limitação de tempo e de mão-de-obra, França et alii (1986).

TABELA 14. Efeito do parcelamento de nitrogênio na cultura do milho. Adaptado de Novais et alii (1974).

Plantio	Parcelamento			Produção (1)
	Dias após o plantio			
	25	45	65	
-	-	-	-	3320
T	-	-	-	6090
-	T	-	-	5230
-	-	T	-	6460
-	-	-	T	4960
1/3	-	2/3	-	6870
-	1/2	1/2	-	6580
1/3	1/3	1/3	-	6340
1/4	1/4	1/4	1/4	6050

(1) - Dados médios de 60 e 120 kg de N/ha

T - Todo o nitrogênio

Para a aplicação do nitrogênio de cobertura, em áreas não irrigadas, é conveniente que se faça incorporação do adubo diminuindo as perdas e aumentando a eficiência da adubação.

A eficiência das diferentes fontes nitrogenadas poderá ser diferentes apenas onde há deficiência do íon acompanhante. Assim, em áreas distantes dos centros urbanos e/ou industrial, o



uso de fórmulas de adubação concentradas favorece a deficiência de enxofre e respostas diferenciais entre a uréia e o sulfato de amônio, pe.

## 6. ENXOFRE

O enfoque para o estudo do balanço cálcio-fósforo-enxofre pode ser dirigido:

a) pelo aumento da produção de fertilizantes concentrados sem enxofre na sua composição; e

b) pela movimentação de íons.

- Aumento da produção de fertilizantes concentrados: O sulfato de cálcio di-hidratado (gesso agrícola) é um sub-produto da indústria de fertilizantes. Em média, para cada tonelada de  $P_2O_5$  produzida no país, tem-se 4,5 t de gesso agrícola, com um acúmulo previsto de 15 milhões de toneladas por ano. A composição média deste sub-produto é de 16% de umidade, 27% de  $CaO$ , 17% de  $S$  e 0,7% de  $P_2O_5$  - cada tonelada do produto acrescenta 0,5 meq de  $Ca/100$  cc de solo, 240 ppm de  $SO_4^{=}$  e 1,7 ppm de  $P$ .

Do ponto de vista de redução do custo dos transportes e de aplicação dos fertilizantes no campo, o uso de formulações concentradas é adequado. Entretanto, o enxofre que era adicionado ao solo com formulações diluídas, passou a não existir e, consequentemente, aumentou-se a frequência de deficiência de enxofre, tanto pela falta no solo, como pelas altas aplicações de nitrogênio e fósforo que podem acarretar a "deficiência induzida", Homés (1966).

Além da solução agrícola de acrescentar  $S$  aos diferentes fertilizantes e formulações, pode-se, como se tem sugerido, adicionar  $S$  na forma de gesso agrícola. Fica, contudo, o problema de quanto aplicar. É necessário saber-se quanto há necessidade, quanto e como aplicar para diferentes condições de solo e cultura. As pesquisas nesta diretriz são limitadas, ficando recomendações entre 20 e 40 kg de  $S/ha$ .

Com relação à química do sulfato no solo, tem-se que quanto maior o pH menor a retenção de  $S-SO_4^{=}$  pelas partículas coloidais do solo, Ensminger (1954). Neptune et alii (1975), inclu

sive, demonstraram haver aumento da liberação do sulfato adsorvido com adição de calcário.

Por outro lado, alguns trabalhos têm demonstrado que o uso de fósforo e enxofre na adubação influencia na determinação dos níveis críticos que também é modificado pela disponibilidade de bases. Assim, Cravo (1984) verificou, para a cultura da soja, haver um aumento da absorção de fósforo com o aumento dos níveis de gesso aplicados. A absorção de enxofre também aumentou com o aumento dos níveis de fósforo aplicados, sugerindo um efeito sinérgico entre estes dois elementos. Normalmente, com a aplicação de calcário, há aumento das quantidades de fósforo absorvido pelas plantas cultivadas.

- Movimento de íons - A grande maioria dos solos brasileiros apresenta acidez nociva elevada, traduzida em elevado teor de alumínio trocável e baixo teor de bases trocáveis.

Na camada arável, a ação corretiva do calcário, fornecimento de cálcio e de magnésio e eliminação de elementos tóxicos é, praticamente, imediato. Nas camadas inferiores ( $> 30$  cm) a correção ocorre em lapso de tempo maior, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular e a resistência ao déficit hídrico. Neste situação, para acelerar a correção das camadas inferiores, o uso de gesso tem sido confirmado, em alguns trabalhos, como uma prática agronomicamente viável. O sulfato de cálcio pode translocar-se e aumentar a saturação de cálcio e diminuindo a de alumínio em profundidade ou mesmo formando sulfato de alumínio não tóxico para as plantas.

Nesta diretriz, apesar de não haver muitas pesquisas a respeito, tem-se recomendado aplicar 30% da recomendação de calcário como sulfato de cálcio.

Um dos aspectos que deve ser observado atentamente, quando da utilização em níveis elevados de gesso, é a movimentação de cátions como magnésio e potássio, que em movimentações muito rápidas, pode empobrecer o solo. Na Tabela 15, dados obtidos no CNPMS, após dois anos de reação, demonstraram a perda de magnésio e de potássio para camadas abaixo de 50 cm. Neste caso, apesar do déficit hídrico, não se observou aumento de produção para milho, sorgo e soja na presença de diferentes níveis de gesso.

TABELA 15. Análise de solo determinando as variações de alumínio, cálcio, magnésio e potássio, com aplicação de gesso em LE<sub>d</sub>, na cultura do milho. Sete Lagoas, 1987.

Parâmetros meq/100 cc	Testemunha T	Tratamentos <sup>(1)</sup>		
		T + calcário (T <sub>1</sub> )	T <sub>1</sub> + gesso 500 kg/ha	T <sub>1</sub> + gesso 1500 kg/ha
Al	4,60	3,62	3,43	3,84
Ca	10,70	12,63	14,01	15,64
Mg	1,68	4,15	4,20	3,68
K	1,06	0,91	0,90	0,78

(1) corresponde ao somatório dos teores obtidos nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos; MENDES, J.G.; PITTA, G.V.E.; OLIVEIRA, A.C. 1982. Formas de fósforo inorgânico e fósforo "disponível" em um Latossolo Vermelho Escuro, fertilizado com diferentes fosfatos. R. Bras. Ci. Solo, 6:99-104.
- BATAGLIA, O.C.; MASCARANHAS, H.A.A.; TEIXEIRA, J.P.F.; TISSELI F LHO, O. 1976. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja cultivar Santa Rosa. Bragantia, Campinas, 35(21):237-47.
- BINGEMAN, C.W.; VARNER, J.E.; MARTIN, W.P. 1953. The effect of the addition of organic materials on the decomposition of an organic soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34-38.
- BLACK, C.A. Soil plant relationships. 2ª ed. London, John Wiley & Sons. Inc. 792p.
- BRAGA, J.M.; BRÁSIL SOBRINHO, M.O.C. 1973b. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais; I Potássio disponível. Rev. Ceres, Viçosa, 20(107) : 301-12.

- BRAGA, J.M.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. 1973b. Formas de potássio e estabelecimento de nível crítico para alguns solos de Minas Gerais. III. Potássio não trocável. Rev. Ceres, 20(111):301-12.
- CASTRO, A.F. de; ANASTÁCIO, M.L.A. & BARRETO, W.O. 1972. Potássio disponível em horizontes superficiais de alguns solos brasileiros. Pesq. Agrop. Bras. Sér. Agron. 7:75-80.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. 1978. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizante em Minas Gerais. 3ª aproximação. Belo Horizonte, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. 80p.
- CRAVO, M.S. 1979. A interação fósforo x enxofre na produção de matéria seca da soja (Glycine max (L) Merrill) e nos níveis críticos, em três solos de Minas Gerais. Viçosa, UFV. 73p. (Te se MS).
- ENSMINGER, L.E. 1954. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18. 259 - 264.
- ERNANI, P.R. 1984. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:313-317.
- FARIAS, I.; FERNANDES, A.P.M.; LIRA, M.A.; FRANÇA, M.P.; SANTOS, V.F. 1986. Efeito da adubação orgânica sobre a produção de forragem de milho, sorgo e capim elefante. Pesq. Agropec. bras. Brasília, 21(101):1015-1022.
- FRANÇA, G.E. de; BAHIA FILHO, A.F.C.; VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos. 1986. Adubação nitrogenada no Estado de Minas Gerais. In: SANTANA, M.E.M. Adubação Nitrogenada no Brasil. Ilhéus, CEPLAC, SBCS. 107-124.
- GREENLAND, D.J.; NYE, P.H. 1959. Increases in carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. I. Soil Sci. 9:284-99.

- GROVE, T.L.; RITCHEY, K.D.; NADERMAN JR., G.C. 1980. Nitrogen fertilization of maize on an oxisol of the cerrado of Brazil. Agron. J. Madison, 72:261-5.
- HOMÉS, M.V. 1966. Sulfur requirement in fertilizers as determined by the method of systematic variations. Soil Sci. 101: 291-6.
- LOPES, A.S.; VASCONCELLOS, C.A.; NOVAIS, R.F. 1982. Adubação fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA-DID, 137-200.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P. 1978. Nutrição e adubação de milho. In: Fundação Cargill. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba/ESALQ. p.427-79.
- MARRIEL, I.E.; KONZEN, E.A.; ALVARENGA, R.C.; SANTOS, H.L. dos. 1987. Tratamento e utilização de resíduos orgânicos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(147):24-36.
- MELLO, F. de F. de; CUNHA, R.J.P.; JARA, P.A.; CARRETERO, M.U.; ZAMBELLO JR. E.; ARZOLA, S. 1979. Efeito da incorporação de restos da cultura do milho (Zea mays L.) sobre algumas propriedades químicas e físicas de cinco séries de solos do município de Piracicaba. R. agric., Piracicaba, 54(1-2):35-49.
- METSON, A.J. 1968. The long term potassium supplying power of New Zealand Soils. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE. Adelaide, International Society of Soil Science. p.621-30.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. 1983. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. Pesq. agrop. bras., Brasília, 18(1):23-27.
- NEPTUNE, A.M.L.; FABATAI, M.A.; HANWAY, J.J. 1975. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus-sulfur relationships, in some Brazilian and Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 39 15-55.

- NOVAIS, M.V.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. 1974. Efeito da adubação nitrogenada e de seu parcelamento sobre a cultura do milho, em Patos de Minas. R. Ceres, Viçosa, 21(115):193-202.
- NUNES, M.R.; VELLOSO, A.C.; LEAL, J.R. 1981. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. Pesq. agropec. bras. Brasília, 16(2):171-6.
- NOGUEIRA, F.D.; VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, G.E.dos; FRANÇA, G. E. de. 1981. O Potássio na agricultura em Minas Gerais. Inf Agropec. 7(81):47-52.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S.; DANIELSON, R.E. 1961. Phosphorus absorption by corn roots as affected by moisture and phosphorus concentration. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:289-94.
- PINCK, L.A.; ALLISON, F.E. 1951. Maintenance of soil organic matter. III. Influence of green manures on the release of native soil carbon. Soil Sci., 71:67-76.
- RAIJ, B. van. 1973. Calibração do potássio trocável em solos para feijão, algodão e cana-de-açúcar. Ciência e Cultura, 26(6):575-9.
- RAIJ, B. van. 1981. Avaliação de Fertilidade do Solo. Instituto da Potassa e Fosfato; Instituto Internacional da Potassa. Piracicaba. 144p.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E. 1979. Potássio em solo de cerrado. I. Resposta à adubação potássica. R. bras. Ci. Solo, 3:29-32.
- SCHERER, E.E.; JUCKSCH, K. 1982. Resposta do milho à adubação com esterco de aves e fósforo. I. Efeito imediato. XIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Florianópolis. (Resumo 128).
- SCHERER, E.E.; CASTILHOS, E.G.; JUCKSCH, I.; NADAL, R. de. 1984. Efeito da adubação com esterco de suínos, nitrogênio e fósforo em milho. Florianópolis, SC, EMPASC. 26p. (Boletim Técnico, p.24).