

3. CALAGEM E ADUBAÇÃO

Shizuo Maeda¹
Carlos Hissao Kurihara²
Amoacy Carvalho Fabrício³

3.1. Análise de solo

O conhecimento da disponibilidade de nutrientes e da presença de elementos tóxicos às plantas, através da análise química, é essencial para o diagnóstico e para o eficiente manejo da fertilidade do solo.

O sucesso das ações definidas com base nos resultados de análise do solo depende de uma correta amostragem, pois os valores analíticos determinados expressam o nível de fertilidade da amostra e, portanto, não corrigem erros cometidos no processo de obtenção da mesma.

Dessa forma, a amostra analisada deve representar fielmente a área a ser trabalhada. Para tanto, a área a ser amostrada deve ser dividida em glebas homogêneas quanto à topografia, cor e textura do solo, cobertura vegetal, condições e histórico de uso e drenagem.

Definidas as glebas, deve-se, em cada uma, percorrer toda a área, caminhando em ziguezague e coletando-se 15 a 20 porções de terra ou subamostras de mesma quantidade. Deve-se evitar a coleta nas linhas de cultivo anterior e em locais próximos a formigueiro, cupinzeiro ou depósitos de materiais que possam mascarar os resultados da análise. As subamostras devem ser depositadas em recipiente limpo, e, após serem bem misturadas, retirada uma porção de cerca de 500 g, que é chamada amostra composta. Esta, antes de ser enviada ao laboratório, deve ser seca à sombra, acondicionada em saco plástico limpo e identificada.

Em área sob manejo do solo tradicional, as amostras de terra devem ser coletadas a profundidades de 0-20 e 20-40 cm, utilizando-se pá de corte ou trado. Em área sob manejo no Sistema Plantio Direto,

¹ Eng.-Agr., M.Sc., CREA nº 6498/D-PR, Visto 5249-MS, EMBRAPA-CPAO, Caixa Postal 661, 79804-970 - Dourados, MS.

² Eng.- Agr., M.Sc., CREA nº 4128/D-MS, EMBRAPA-CPAO.

³ Eng.-Agr., Dr., CREA nº 23421/D-RS, Visto 1033-MS, EMBRAPA-CPAO. recomenda-se amostrar o solo em quatro profundidades: 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Outras informações podem ser obtidas em Fabrício (1995).

Para um bom monitoramento das condições de fertilidade, deve-se realizar a análise do solo, no mínimo a cada dois anos.

Com relação aos micronutrientes, é importante ressaltar que, para os solos brasileiros, não estão bem estabelecidos os métodos de extração e os níveis críticos. Assim, a avaliação da disponibilidade dos micronutrientes, via análise de solo, deve ser efetuada de forma bastante cautelosa, atentando-se principalmente para o extrator utilizado no laboratório. Para a recomendação de adubação, deve-se considerar, ainda, o histórico da área (calagem e adubações anteriores, manejo do solo, rotação de culturas e produtividade obtida), a diagnose visual de sintomas de deficiência e os resultados da análise foliar da cultura anterior

3.2. Diagnose foliar

A análise de tecido foliar é uma importante ferramenta para a avaliação do estado nutricional das plantas e da disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente quanto aos micronutrientes. No entanto, as carências de macro e micronutrientes detectadas somente poderão ser eliminadas na cultura sucessora.

As informações fornecidas pela análise foliar não permitem a indicação de doses de fertilizantes, quando avaliadas isoladamente. Porém, associadas aos resultados da análise de solo e ao histórico da área, possibilitam a recomendação mais criteriosa, pois permitem detectar a ocorrência de interações antagônicas entre os nutrientes. Como exemplo, em áreas com problemas de desbalanço nutricional, as plantas podem apresentar deficiência induzida de potássio mesmo com boa disponibilidade desse nutriente no solo, em função do excesso de magnésio. Relações antagônicas também podem ocorrer entre outros nutrientes, como Ca x Mg, P x Zn e Mg x Mn.

A coleta de amostras de folhas deve seguir uma padronização, visto que a concentração de nutrientes pode variar em função de fatores externos, que determinam a sua disponibilidade no solo, e também por fatores internos, da própria planta, como seu estágio de desenvolvimento e a idade fisiológica da parte a ser amostrada.

Para o milho, a amostragem deve ser realizada quando 50 a 75% das plantas apresentarem inflorescência feminina (embonecamento), devendo ser coletadas 30 folhas por área considerada homogênea. Coleta-se a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior - caso haja mais de uma), e descarta-se a nervura central. O material que compõe a amostra deve ser lavado por meio de uma rápida imersão em água, preferencialmente desmineralizada, para retirar a poeira e evitar a possível

contaminação por micronutrientes, principalmente ferro, manganês e zinco. Posteriormente, o material amostrado deve ser seco à sombra e acondicionado em saco de papel devidamente identificado, para envio ao laboratório.

Os teores foliares de nutrientes utilizados como indicadores do estado nutricional do milho são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Limites adequados de teores foliares de nutrientes para a cultura do milho.

Macronutriente	Teor (g/kg) ^a	Micronutriente	Teor (mg/kg) ^a
N	27,5 - 32,5	B	15 - 20
P	1,9 - 3,5	Cu	6 - 20
K	17,5 - 29,7	Fe	50 - 250
Ca	2,3 - 4,0	Mn	42 - 150
Mg	1,5 - 4,0	Mo	0,15 - 0,20
S	1,5 - 2,1	Zn	15 - 50

Fonte: Adaptada de Andrade et al., Trani et al., Malavolta et al, citados por Büll (1993).

^a g/kg = % x 10; mg/kg = ppm.

3.3. Correção da acidez

Para o sucesso do cultivo do milho, a correção da acidez é fundamental, pelos efeitos que causa na neutralização de elementos tóxicos, como o alumínio e o manganês, no aumento da disponibilidade de nutrientes e na melhoria do ambiente radicular para o desenvolvimento de microorganismos, como os fungos micorrízicos.

Embora a cultura do milho seja das mais sensíveis aos efeitos prejudiciais da acidez, existe variabilidade no comportamento de variedades e híbridos com relação a esse atributo do solo, o que poderá influir na resposta da cultura à calagem.

A quantidade de calcário a ser aplicada (NC) pode ser estimada pelo método que visa a neutralização do alumínio trocável, conforme a expressão:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2$$

Em situações onde o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ for inferior a $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3 = \text{meq}/100\text{g}$), a quantidade de calcário pode ser calculada de acordo com a fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2 + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$$

Outro método que pode ser utilizado é o que visa elevar a saturação por bases no solo (V_1) até o valor desejado (V_2), de acordo com as exigências da cultura. Para o milho, a aplicação de calcário deve atingir 50% da saturação por bases para os solos de Mato Grosso e do norte de Mato Grosso do Sul e 60% dos solos da região sul de Mato Grosso do Sul. Para utilização desse método, há necessidade de se determinar o valor da acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$). Neste caso, a necessidade de calcário é calculada através da expressão:

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{(V_2 - V_1) \times T}{100}$$

sendo:

S = soma de bases trocáveis ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$), em $cmol_c/dm^3$

T = capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0 = $[S + (H^+ + Al^{3+})]$

V_2 = percentagem de saturação por bases recomendada

V_1 = percentagem de saturação por bases atual do solo, calculada pela fórmula:

$$(100 \times S)/T$$

As doses obtidas através dos critérios citados, referem-se a calcário com PRNT de 100%. Quando o PRNT do calcário disponível for diferente de 100%, deve-se corrigir a dose recomendada, utilizando-se a fórmula:

$$\text{Dose a ser aplicada (t/ha)} = \frac{\text{dose recomendada} \times 100}{\text{PRNT do calcário}}$$

Preconiza-se o uso de calcário com o menor custo efetivo por tonelada, calculado pela fórmula:

$$\text{Custo efetivo do calcário} = \frac{\text{preço na propriedade (R$/t)} \times 100}{\text{PRNT}}$$

Como os teores de cálcio e magnésio dos corretivos podem alterar a relação desses nutrientes no solo, esse fato deve ser considerado na escolha do corretivo a ser aplicado.

Embora existam indicações de relação ideal entre o cálcio e o magnésio de 3:1 a 5:1, trabalhos de pesquisa têm demonstrado que esta relação pode

ser maior que 10:1, sem prejuízos de produção, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima de $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Segundo Braga (1991), a eficiência da calagem não é afetada pelo uso de um calcário calcítico ou dolomítico, pois a acidez do solo será neutralizada ao nível desejado desde que a dose recomendada seja aplicada. Porém, a escolha correta é importante para suprir as necessidades da planta, bem como para restabelecer o equilíbrio catiônico no solo, eventualmente desajustado por cultivos sucessivos.

A aplicação do calcário deve ser feita com antecedência mínima de três meses da semeadura, lembrando que a ação do corretivo depende da disponibilidade de água no solo. Para melhor incorporação do produto, quando a dose de calcário recomendada for superior a 5 t/ha, aplicar metade da dose, arar, aplicar o restante e gradear. Deve-se lembrar que a quantidade de calcário recomendada é para incorporação na camada de 0 a 20 cm. Caso se pretenda corrigir o solo em maior profundidade, deve-se aumentar a dose a ser aplicada, proporcionalmente ao volume de solo a ser trabalhado. A incorporação da dose recomendada a profundidades inferiores a 20 cm pode induzir à redução da disponibilidade, especialmente de micronutrientes.

No Sistema Plantio Direto já estabelecido, resultados de pesquisa obtidos no Paraná têm demonstrado a eficácia da aplicação superficial (sem incorporar) de calcários. Esse procedimento permite que o teor de alumínio trocável no solo seja mantido em nível não detectável pela análise química, na camada de 0-5 cm de profundidade e em níveis não prejudiciais na camada de 5-10 cm. Segundo Sá (1996a), a ação do corretivo aplicado em superfície pode ocorrer pelas seguintes formas: a) deslocamento de partículas finas de calcário através do movimento descendente da água pelos canalículos de raízes de culturas anteriores, galerias de organismos (micro, meso e macro fauna) e planos de fraqueza do solo; b) deslocamento do cálcio no perfil, acompanhado pelos ânions nitrato e sulfato, liberados pela mineralização da matéria orgânica e formação de complexos entre o alumínio e ácidos orgânicos; c) transporte de resíduos culturais com partículas de calcário pela ação da fauna do solo, formando "sítios de matéria orgânica".

A recomendação de calagem superficial adotada no Paraná consiste da aplicação, em solos argilosos, de 1/3 a 1/2 da dose calculada pelo método de saturação por bases para a profundidade de amostragem de 0-20 cm, até o limite de 2,5 t/ha. Em solos argilo-arenosos e arenosos, aplicar 1/2 da dose estimada pelo mesmo critério até o limite de 1,5 a 2,0 t/ha. Em áreas onde a acidez foi devidamente corrigida antes da adoção do sistema, a aplicação do calcário deve ser feita após o quarto ano ou quando se detectar problemas de acidez.

3.3.1. Correção da acidez em profundidade

O crescimento radicular do milho em profundidade, principalmente de variedades ou híbridos sensíveis, pode ser limitado pela acidez subsuperficial. Esta limitação é potencialmente importante em região caracterizada pela distribuição irregular de chuva e baixa capacidade de retenção de água dos solos.

A incorporação de calcário a profundidades superiores a 30 cm é limitada por dificuldades operacionais e econômicas. Pelas suas características químicas, o gesso apresenta a capacidade de reduzir a saturação de alumínio nas camadas mais profundas e elevar os teores de Ca, Mg e K. Com isso, criam-se condições para o aprofundamento do sistema radicular das plantas, e o aproveitamento com maior eficiência da água disponível, minimizando os efeitos de veranicos. Deve ficar claro, no entanto, que o gesso não neutraliza a acidez do solo.

A aplicação de gesso é indicada quando se detectar, na camada subsuperficial (30 a 50 cm de profundidade), saturação de Al maior que 30% e/ou o teor de Al maior que $0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e/ou o teor de Ca menor que $0,3 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$. Em situações em que a aplicação se justificar, recomenda-se a aplicação das seguintes doses:

Solos com textura arenosa (< 15% de argila) = 0,5 t/ha

Solos com textura média (15 a 35% de argila) = 1,0 t/ha

Solos com textura argilosa (36 a 60% de argila) = 1,5 t/ha

Solos com textura muito argilosa (> 60% de argila) = 2,0 t/ha

O efeito residual esperado é de, no mínimo, cinco anos.

Como fonte de Ca e S, a aplicação de gesso deve-se restringir a doses em torno de 200 kg/ha/ano.

3.4. Adubação

A exigência nutricional de qualquer planta é determinada pela quantidade de nutrientes que esta extrai durante o seu ciclo para a obtenção de produções econômicas. Dados médios de experimentos conduzidos com doses moderadas a altas de fertilizantes (Tabela 2), dão uma idéia da extração de nutrientes pelo milho cultivado para produção de grãos e silagem.

TABELA 2. Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada à produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.

Tipos de exploração	Produtividadet/ha.....	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
		kg/ha.....				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

Fonte: Coelho & França (1995).

a) Nitrogênio

A cultura do milho, visando a produção de grãos ou silagem, remove grande quantidade de N, de forma a requerer uma complementação do nutriente quando se deseja a obtenção de produtividades elevadas.

As respostas dessa cultura à adubação mineral são extremamente dependentes das condições climáticas, manejo do solo e da cultura, cultivar ou híbrido utilizado, etc.

A rotação de culturas com espécies capazes de, em simbiose com microorganismos, fixar N ou espécies com grande capacidade de reciclar o nutriente, permite reduzir sua necessidade para a cultura do milho. No Paraná, Derpsch et al. (1985) verificaram que leguminosas, especialmente aquelas para adubação verde de inverno, podem contribuir com 60 a 90 kg/ha de N. No mesmo Estado, Muzilli et al. (1983) verificaram que o tremoço deixou resíduo equivalente a 111 kg/ha de N e, nessas condições, vários híbridos de milho não responderam à adubação nitrogenada, mesmo com produtividades superiores a 8 t/ha de grãos. A rotação com a soja apresenta efeitos semelhantes aos anteriormente citados. Mascarenhas et al. (1983), em experimento conduzido em áreas com um a quatro anos de cultivo de soja, demonstraram efeito positivo desse cultivo sobre o rendimento do milho. Esse efeito foi diretamente proporcional ao tempo de cultivo da soja, sendo que cada ano de cultivo de soja correspondeu à produção de milho obtida com a aplicação de 17,3 kg de N/ha. A importância do nabo forrageiro na reciclagem de nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio, foi demonstrada em trabalho realizado em Maracaju, MS, pela Fundação MS, citado por Hernani et al. (1995), onde se constatou o acúmulo de 124 e 164 kg/ha de N e K, respectivamente, na sua parte aérea.

No norte do Paraná, Heinzmann (1985) verificou que a liberação de N, a partir dos resíduos de leguminosas e do nabo forrageiro, ocorre nas primeiras semanas após o corte. O tratamento dado à massa vegetal da parte aérea dessas culturas, através de manejos mecânico ou químico, pode alterar a sua taxa de decomposição. Assim, pode-se manejar a massa vegetal, de modo a permitir a coincidência da liberação do N com o período de maior demanda do mesmo pelo milho (Salton et al. 1995).

Quando a cultura antecessora for a aveia-preta, poderá ocorrer carência inicial de N no milho, devido ao processo de imobilização provocado pelos organismos decompositores dos resíduos da cultura. Nessa situação, é indicada a aplicação de 30 kg de N/ha na semeadura do milho, com a finalidade de suprir a demanda da biomassa microbiana e desta cultura (Sá, 1996b).

Trabalhos realizados por Sá (1996b), no Paraná, demonstraram que no Plantio Direto a liberação do nitrogênio pelos resíduos de aveia-preta ocorre,

principalmente, entre 120 e 160 dias após o corte, coincidindo com o estágio de florescimento e enchimento de grãos do milho.

No que se refere ao manejo da cultura, é extremamente importante o estabelecimento de lavoura com população adequada, pois a resposta do milho à adubação nitrogenada é limitada em condições de baixa densidade de plantio (Mundstock, 1979).

As recomendações de adubação nitrogenada geralmente são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e expectativa de produção. No Estado de São Paulo, Raij et al. (1981) estimaram doses econômicas de N em função da produtividade esperada e do custo do insumo. Para situações em que o custo de 1 kg de nitrogênio é equivalente a 7 kg de milho, as doses a serem aplicadas são de zero, 85 e 147 kg/ha de nitrogênio, respectivamente, para áreas com produtividade de grãos menores que 3,0 t/ha, de 3,0 a 7,0 t/ha e de 7,0 a 8,5 t/ha.

Em Minas Gerais, Coelho & França (1995) citam a recomendação, para a cultura de sequeiro, de aplicação de 15 a 30 kg de N/ha na semeadura e 40 a 70 kg de N/ha em cobertura. Em lavoura irrigada ou no Sistema Plantio Direto, onde o potencial de rendimento é mais elevado, há necessidade de se elevar a adubação de cobertura para 100 a 200 kg de N/ha, dependendo do tipo de solo e do potencial genético da cultivar ou híbrido.

O parcelamento da aplicação de nitrogênio visa melhorar a eficiência no seu aproveitamento pelas plantas. Com o escalonamento, procura-se fornecer o nutriente para as plantas em períodos de maior demanda e maior capacidade de absorção pelas mesmas. Dessa forma, além da aplicação na semeadura, deve-se fornecer o N quando as plantas apresentarem seis folhas desenroladas (folhas com a linha de união lâmina-bainha, "colar", facilmente visível). Para doses superiores a 100 kg/ha de N, recomenda-se parcelar a cobertura em duas aplicações, aos quinze e 30 dias após a emergência (quatro e oito folhas desenroladas, respectivamente). Em lavouras irrigadas, a cobertura pode ser parcelada em quatro, seis ou até oito vezes durante o ciclo da cultura, utilizando-se a água como veículo de aplicação.

Caso se utilize a uréia como fonte de N, esta deverá ser incorporada a profundidade entre 5 a 10 cm, para evitar perdas de N por volatilização de amônia. Quando a incorporação não for possível, as perdas podem ser minimizadas misturando-se o fertilizante com a camada superficial do solo através da operação de cultivo. A aplicação da uréia incorporada ao solo é particularmente importante em áreas de Plantio Direto, onde as perdas são maiores, visto que os restos de cultura promovem a hidrólise do fertilizante e dificultam a retenção da amônia produzida (Touchton & Hargrove, citados por Cantarella, 1993).

b) Fósforo

Apesar do milho apresentar pequena exigência de fósforo em relação ao nitrogênio e ao potássio, as doses recomendadas geralmente são altas devida à baixa eficiência de recuperação (20 a 30%) do nutriente pelas plantas, principalmente em função da grande fixação do fósforo adicionado ao solo.

Na Tabela 3 são apresentadas as recomendações de adubação fosfatada propostas por Coelho & França (1995) para o estado de Minas Gerais, em função das diferentes classes de fertilidade determinadas para os extratores Mehlich 1 e Resina. Como ainda não se dispõe de resultados de pesquisa que permitam determinar regionalmente os níveis críticos e as doses econômicas de P, os valores apresentados nessa tabela podem ser adotados até que aqueles sejam obtidos. Uma vez atingido níveis altos de fósforo no solo, a quantidade do nutriente a ser aplicada pode ser ajustada para cada situação, levando-se em conta, além dos resultados da análise de solo, o potencial de produção da cultura na região e o nível de tecnologia utilizada pelos agricultores. Para repor o nutriente removido pelo produto colhido, é necessário 10 kg de P_2O_5 por tonelada de grãos a ser produzida. Assim, para uma expectativa de produção de 6.000 kg/ha deve-se aplicar 60 kg de P_2O_5 /ha, a fim de manter o nível de fertilidade do solo.

TABELA 3. Interpretação de classes de teores de fósforo no solo e doses de P_2O_5 recomendadas para milho.

Classe textural ^a	Extrator	Classes de teor de P		
		Baixo	Médio	Alto
		mg/dm ³		
Argilosa > 35%	Mehlich I	< 5	6 a 10	> 10
Média (15 a 35%)	Mehlich I	< 10	11 a 20	> 20
Arenosa (< 15%)	Mehlich I	< 20	21 a 30	> 30
	Resina	< 15	16 a 40	> 40
Dose de P_2O_5 recomendada (kg/ha)		80 a 110	50 a 70	30 a 60

^a Porcentagem de argila; ^b mg/dm³ = ppm.

Fonte: adaptado de Coelho & França (1995).

O sistema de manejo do solo interfere na dinâmica do fósforo no solo. Em Plantio Direto, alguns anos após sua implantação haverá mineralização lenta e gradual dos resíduos culturais, proporcionando a liberação e redistribuição de formas orgânicas de fósforo. Essa fração de fósforo pode ser facilmente mineralizada, constituindo-se em uma fonte potencial do nutriente para as plantas, e tem como característica maior estabilidade e menor suscetibilidade às reações de adsorção. Isso, aliado ao menor contato entre os colóides e o íon fosfato, e a formação de linhas com maior concentração de fósforo, resultante da manutenção dos resíduos culturais e do não revolvimento do solo, propicia aumento da disponibilidade desse nutriente para as plantas e da eficiência do fertilizante utilizado (Sá, 1996c).

c) Potássio

Depois do nitrogênio, o potássio é o elemento absorvido em maior quantidade pelo milho, sendo que de 20 a 30% do total é exportado pelos grãos.

Até recentemente, pouca importância era dada ao potássio. Com o uso freqüente de fertilizantes com baixos teores do nutriente, uso de cultivares ou híbridos com alto potencial produtivo e, principalmente, pela conscientização dos agricultores da necessidade de melhorar a fertilidade do solo através de calagem e adubações equilibradas, está havendo maior preocupação com esse nutriente.

As quantidades de potássio propostas por Coelho e França (1995), na adubação de milho para produção de grãos e forragens, em função da disponibilidade do nutriente no solo, são apresentadas na Tabela 4.

Um aspecto importante a ser considerado na adubação potássica é a possibilidade de perdas por lixiviação, mesmo em solos com elevado teor de argila. Isso porque, nos solos sob cerrado, a fração argila é constituída basicamente por sesquióxidos de Fe e Al, o que confere ao solo baixa capacidade de retenção de cátions. Assim, torna-se necessário o parcelamento da adubação quando a dose aplicada superar 80 kg K₂O/ha. Esse parcelamento, a ser efetuado até 30 dias após o plantio, também evita problemas de redução de estande em anos secos, provocado pelo aumento da pressão osmótica próximo das sementes.

O aumento na eficiência do fertilizante pode ser conseguido com a adoção do Sistema Plantio Direto, pelo aumento no poder tampão de potássio, tornando o solo menos suscetível a perdas por lixiviação (Pöttker, 1996), e também pelo cultivo de culturas de inverno ou primavera com sistema radicular profundo, para que promovam a reciclagem do potássio lixiviado para camadas de solo mais profundas, não exploradas pelas raízes do milho. Em Bonito, MS, Salton & Hernani (1994) avaliaram diferentes espécies vegetais e encontraram que as culturas com maior potencial de reciclagem de K foram o niger, o teosinto e o milheto africano, que promoveram o acúmulo pela parte aérea de 204, 262 e 454 kg K₂O/ha, respectivamente.

TABELA 4. Recomendação de adubação potássica, com base na análise do solo.

Classes de teor	K no solo (cmol _c /dm ³) ^a	Doses de K ₂ O recomendadas (kg/ha)	
		Milho grão	Milho forragem
Muito baixa	< 0,07	90 - 120	150 - 180
Baixa	0,08 - 0,15	60 - 90	120 - 150
Média	0,16 - 0,30	30 - 60	60 - 120
Alta	> 0,30	30	60

^a cmol_c/dm³ = meq/100 g.

Fonte: adaptado de Coelho & França (1995).

d) Micronutrientes

Dentre os micronutrientes, o zinco é o mais limitante para a produção de milho nos solos brasileiros, especialmente naqueles da região dos cerrados.

As principais fontes utilizadas para o fornecimento de zinco estão na forma de sulfato (22,7% de Zn) ou óxido (80,3% de Zn) com eficiência semelhante entre as duas, desde que o óxido seja finamente moído (Galvão & Mesquita Filho, 1981).

O fornecimento à cultura pode ser realizado através da aplicação anual, no sulco de semeadura, de 2 kg/ha de zinco. Outra opção é a aplicação de 9 kg/ha de zinco, distribuída a lanço na superfície do solo. Essa quantidade seria suficiente para quatro colheitas sucessivas. Quando a deficiência ocorre com a cultura em desenvolvimento, pulverizações (400 l/ha) com solução de 0,5% de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25% de cal extinta, são indicadas. Nesse caso, a mistura deve ser filtrada, para evitar entupimento dos bicos.

Deficiências de outros micronutrientes não têm sido observadas nas principais áreas de cultivo na Região Centro-Sul do Brasil (Cantarella, 1993). A carência de boro, quando diagnosticada visualmente ou através de análise foliar, pode ser corrigida pela aplicação de 0,7 a 1,0 kg de B/ha no solo, na forma de tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$).

3.5. Calagem e adubação de milho safrinha

Condições climáticas desfavoráveis, principalmente a irregular distribuição de chuvas e a ocorrência de períodos de baixas temperaturas, muitas vezes com a formação de geadas, reduzem o potencial de produção do milho safrinha. Devido à incerteza quanto aos resultados do cultivo do milho na época não tradicional, os agricultores, em sua maioria, no intuito de diminuir os riscos financeiros, reduzem ao máximo o uso de insumos, limitando-se basicamente ao uso da semente.

Em razão dos riscos envolvidos, deve-se, preferencialmente, implantar a cultura em áreas de boa fertilidade, com necessidades de uso de fertilizantes apenas para a reposição das quantidades exportadas nos grãos. Essas áreas não devem exigir correção de acidez, em função da impossibilidade prática para sua execução, devendo esta deficiência ser corrigida para a safra de verão. A recomendação de níveis de saturação por bases, para o cultivo do milho na época normal, é válida para essa situação.

Em condições em que os fatores climáticos não são limitantes, expressivas produções são obtidas com o milho safrinha, e resultados de

pesquisas mostram resposta à adubação. Em Maracaju, MS, em solos de alta fertilidade, após o cultivo de soja, observou-se resposta principalmente ao N (Salton, 1994). Estudos conduzidos na região do Médio Vale do Paranapanema, SP, por Cantarella & Duarte (1997), para as condições de milho safrinha, após a colheita da soja, mostram respostas econômicas a aplicação de N, principalmente em solos arenosos. Em solos argilosos, as respostas foram pequenas, porém constantes, até 40 kg/ha de N. As respostas observadas para P e K foram pequenas, e as doses econômicas diminuíram com o aumento na disponibilidade dos elementos. No caso do P, quando se encontrava em nível médio, o valor do aumento de produção foi semelhante ao custo do adubo.

Nas condições locais, não existem estudos de calibrações de níveis críticos e doses econômicas para milho safrinha. No entanto, algumas indicações podem ser feitas visando auxiliar a tomada de decisão para aplicação de fertilizantes na cultura.

Com relação ao nitrogênio, os riscos de seca, durante os estádios da cultura em que é recomendada a aplicação de N em cobertura, indicam a preferência pela sua aplicação em dose total na semeadura, quando a dose for até 30 kg de N/ha, que são suficientes para produtividades entre 2 a 3 t de grãos/ha (Cantarella & Duarte, 1997). A recomendação de N em cobertura feita por Cantarella & Duarte (1997), além da produtividade esperada, considera a classe de resposta. Em área onde o milho safrinha é cultivado em solo arenoso após outra gramínea cultivada no verão, este é enquadrado na classe de média resposta. Quando o milho safrinha é cultivado em solo arenoso ou após outra gramínea cultivada no verão, o mesmo é enquadrado na classe de média resposta a N. Contudo, classifica-se o milho safrinha como de baixa resposta a N quando este é cultivado após soja ou outra leguminosa de verão (Tabela 5).

TABELA 5. Doses de N em cobertura para o milho safrinha.

Produtividade esperada (t/ha)	Classe de resposta a N	
	Média	Baixa
	N (kg/ha).....	
2-3	0	0
3-4	20	10
4-6	30	20

Fonte: Cantarella e Duarte (1997).

Em função do baixo potencial de rendimento, as quantidades indicadas de P e K a serem aplicadas, quando necessárias, são menores. Em solos onde os níveis de P e K são altos e as possibilidades de respostas econômicas são pequenas, as quantidades a serem aplicadas compensariam parte da retirada pelos grãos.

Como orientação na tomada de decisão sobre a aplicação de P e K, foi feita uma adaptação da recomendação de Cantarella & Duarte (1997), que são mostradas na Tabela 6.

TABELA 6. Orientação para adubação do milho safrinha com P e K.

Produtividade esperada (t/ha)	Nível de P Mehlich-1 ^a			Nível de K ⁺ trocável ^b			
	Baixo	Médio	Alto	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
2-3	50	30	10	40	30	20	0
3-4	60	40	20	50	40	30	10
4-6	- ^c	60	40	- ^c	50	40	20

Fonte: Cantarella & Duarte (1997).

^a Níveis da Tabela 3.

^b Níveis da Tabela 4.

^c Pouco provável a obtenção desse nível de produtividade em solos com nível baixo de P e nível muito baixo de K.

3.6. Referências bibliográficas

- BRAGA, J.M. Aspectos qualitativos do calcário. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.5-11, 1991.
- BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO E DO SORGO, 1990, Vitória, ES. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.63-145.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO MILHO E DO SORGO, 1990, Vitória, ES. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-196.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Tabela da recomendação NPK para o milho safrinha no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 4., 1997, Assis, SP. **Anais**. Campinas: IAC/CDV, 1997. p.65-70.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Informações agronômicas**, Piracicaba, n.71, 1995. Arquivo do Agrônomo, n.2, p.1-9.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.761-773, 1985.
- FABRICIO, A.C. **Instruções para coleta de amostras de terra**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 23p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 5)
- GALRÃO, E.Z.; MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p.167-170, 1981.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, p.1021-1030, 1985.

- HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C.; PITOL, C.; SALTON, J.C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 93p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 4).
- MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C de, BULISANI, E.A.; POMMER, C.V.; SAWAZAKI, E.; GALLO, P.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A. **Efeito do nitrogênio residual de soja na produção do milho**. 2.ed. Campinas: IAC, 1983. 24p. (IAC. Boletim Técnico, 58).
- MUNDSTOCK, C.M. A interação entre o número de plantas e o nível de adubação nitrogenada em cobertura em milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.15, p.111-118, 1979.
- MUZILLI, O ; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas repostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, p.23-27, 1983.
- PÖTTKER, D. Potássio: dinâmica no solo e resposta das culturas. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro, PR. **Anais**. Castro: Fundação ABC, [1996?]. p.268-278.
- RAIJ, B. van; FEITOSA, C.T.; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P.; DECHEN, A.R.; ALVES, S.; SORDI, G.; VEIGA, A.A.; CAMPANA, M.P.; PETINELLI, A.; NERY, C. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho. **Bragantia**, Campinas, v.40, p.57-75, 1981.
- SÁ, J. C. de M. Calagem em solos sob plantio direto da região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro, PR. **Anais**. Castro: Fundação ABC, [1996?a]. p.73-107.

- SÁ, J.C. de M. Fósforo: resposta das culturas de milho, trigo e soja no sistema plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro, PR. **Anais**. Castro: Fundação ABC, [1996?b]. p.259-267.
- SÁ, J.C. de M. Nitrogênio: influência da rotação de culturas e resposta da cultura de milho em solos sob plantio direto. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro, PR. **Anais**. Castro: Fundação ABC, [1996?c]. p.213-228.
- SALTON, J.C. Aspectos de manejo do solo relacionados à safrinha de milho. In: FUNDAÇÃO MS PARA PESQUISA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS AGROPECUÁRIAS (Maracaju, MS). **Safrinha de milho**. Maracaju: 1994. p.1-23. (Fundação MS. Informativo Técnico, 1).
- SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis, SC. **Resumos**. Florianópolis: SBCS, 1994. p.248-249.
- SALTON, J.C.; PITOL, C.; SIEDE, P.K.; HERNANI, L.C.; ENDRES, V.C. **Nabo forrageiro**: sistemas de manejo. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995. 23p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 7).