

Seja o doutor do seu canavial

José Orlando Filho¹

Newton Macedo²

Hasime Tokeshi³

INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Estimativas para 1994/95 indicam área de cultivo de 4,3 milhões de hectares e produções de 240 milhões de toneladas de cana, 9,5 milhões de toneladas de açúcar e 12 bilhões de litros de álcool.

Embora a produtividade média brasileira de cana-de-açúcar tenha apresentado a significativa elevação de 50% nos últimos 20 anos (de 44 para 67 t cana/ha), observa-se que muito ainda pode ser melhorado. O Estado de São Paulo, o maior produtor brasileiro, apresenta produtividade média de 78 t cana/ha, e possui diversas unidades produtoras que ultrapassam a marca de 90-95 t cana/ha.

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, dentre os quais se destacam: planta (variedade), solo (propriedades químicas, físicas e biológicas), clima (umidade, temperatura, insolação), práticas culturais (controle da erosão, plantio, erradicação de plantas invasoras, descompactação do solo), controle de pragas e doenças, colheita (maturação, corte, carregamento e transporte), etc.

Sempre que possível, os fatores de produção devem ser adequadamente manejados e gerenciados pelo homem através de sistemas de planejamento, execução e controle, visando a maximização das produtividades econômicas. Portanto, o objetivo final de uma exploração agrícola comercial é o lucro, que deve ser maximizado, respeitando-se os aspectos sociais e ambientais.

Nas duas últimas décadas o Brasil dobrou sua área com cana-de-açúcar, basicamente em função da produção de álcool carburante. Esta expansão ocorreu predominantemente em solos de menor fertilidade, exigindo-se, portanto, o uso intensivo de corretivos e fertilizantes, que, em média, participam em 20% nos custos de produção da cultura.

SOLOS COM CANA-DE-AÇÚCAR

Antes da implantação do Pró-Álcool, os solos ocupados com cana-de-açúcar no Brasil, principalmente na região Sul do país, eram em geral os argilosos, de fertilidade média para alta, normalmente representados por Latossolos Roxos ou Terras Roxas Estruturadas. A maior limitação que tais solos apresentavam era de natureza física, ou seja, a compactação, agravada ao longo do tempo pela intensa mecanização e pelos sistemas de carregamento e transporte da cana-de-açúcar.

Com a crescente demanda criada pelo Pró-Álcool, grande parte da expansão da cultura ocorreu em solos "marginais", normalmente arenosos, ocupados anteriormente por pastagens ou vegetações de "cerrados" ou "tabuleiros", constituindo ecossiste-

mas frágeis, que exigem intensos sistemas de manejo, como preparo e conservação, calagem, gessagem, adubos verdes, época correta de plantio, adubação mineral e orgânica (vinhaça e torta de filtro), variedades melhoradas, etc.

Atualmente, e de um modo geral, tem-se a seguinte distribuição de solos ocupados com cana-de-açúcar no Brasil:

- Oxissolos argilosos (> 35% argila) = 30%
- Oxissolos textura média (15-35% argila) = 35%
- Ultissolos e Alfissolos = 25%
- Outros = 10%.

Os oxissolos argilosos podem ser eutróficos (maior fertilidade) ou distróficos (menor fertilidade). A compactação pode ser um fator limitante. São representados principalmente pelos Latossolos Roxos e Latossolos Vermelho-Escuros.

Solos eutróficos são aqueles que apresentam a saturação por bases $[V\% = (Ca + Mg + K) \div CTC \times 100]$ maior que 50%, e distróficos, valores menores que 50%.

Os oxissolos de textura média geralmente são distróficos, quase sempre apresentando necessidades de calagem e de nutrientes, principalmente fósforo. São representados basicamente pelos latossolos textura média (LVA, LEa, etc.).

Os ultissolos e alfissolos, quando representados pelos Podzólicos Vermelho-Amarelos — PVA (relevo movimentado e gradiente textural areia/argila), necessitam de intensos cuidados com a conservação e o uso de corretivos e adubação (quando distróficos).

Outros solos são constituídos normalmente pelos hidromórficos (drenagem é a maior limitação) e pelas areias quartzosas (problemas de fertilidade e conservação).

A cana-de-açúcar é uma cultura que protege o solo contra a erosão, principalmente após o "fechamento". Dependendo do tipo de solo e da topografia, além do plantio em nível normalmente são necessários terraços de base larga ou embutidos, que podem ser em nível ou em desnível (com canal escoadouro). Em solos de textura arenosa, a época e o sistema de plantio apresentam influência no assoreamento dos sulcos (erosão dentro dos sulcos), ao qual a cana é bastante suscetível.

O PAPEL DOS NUTRIENTES

É fundamental ressaltar que tanto o açúcar (sacarose) quanto o álcool etílico são produzidos no campo, sendo as usinas e destilarias apenas unidades extratoras e transformadoras.

Apesar dos produtos finais – sacarose e álcool etílico – conterem apenas carbono, hidrogênio e oxigênio (provenientes do ar e da água), uma série de outros elementos químicos, considerados nutrientes para as plantas, são essenciais não só para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais mas também para a participação em inúmeras reações intermediárias, dentro das diferentes rotas metabólicas da planta, até a produção do produto final (açúcar) de interesse econômico.

¹ Engº Agrº, Professor, CCA-UFSCar, Caixa Postal 153, 13600-970 Araras-SP.

² Engº Agrº, Professor, CCA-UFSCar, Caixa Postal 153, 13600-970 Araras-SP.

³ Engº Agrº, Professor, ESALQ-USP, Caixa Postal 9, 13400-970 Piracicaba-SP.

Além de C, H e O, a planta necessita de uma série de outros nutrientes, que são:

- macronutrientes: exigidos em maiores quantidades (kg/ha): nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).
- micronutrientes: exigidos em menores quantidades (g/ha): boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

A falta de qualquer macro ou micronutriente no solo ou no adubo faz com que haja uma redução na produtividade da cana e, conseqüentemente, na de açúcar. Quando a deficiência nutricional é pronunciada, a planta revela sintomas típicos que são descritos na Tabela 1 (ANDERSON & BOWEN, 1992).

A cana-de-açúcar, como muitas gramíneas, é uma planta acumuladora de silício (Si). Em condições de campo, quando as lâminas foliares contêm menos que 1,4% de Si a planta pode

Tabela 1. Chave de identificação dos distúrbios nutricionais em cana-de-açúcar.

Partes da planta	Distúrbios
A₁. Folhas mais velhas afetadas.	
B ₁ . Efeitos generalizados sobre toda a planta; definhamento das folhas mais velhas.	
C ₁ . Lâminas foliares uniformemente verde-claras a amarelas; colmos ficam mais curtos e mais finos; atraso no desenvolvimento vegetativo.	
D ₁ . Pontas e margens das folhas mais velhas tornam-se necróticas prematuramente	deficiência de N
D ₂ . Pequenas estrias cloróticas longitudinais começando no terço apical da folha; folhas mais velhas secam prematuramente do meio para as pontas	deficiência de Mo
C ₂ . Lâminas foliares verde-escuras a verde-azuladas; coloração vermelha ou roxa aparece freqüentemente, particularmente nas pontas e margens expostas diretamente à luz do sol; folhas mais finas, mais estreitas e mais curtas que o normal; folhas mais velhas amarelas, eventualmente definhando a partir das pontas e ao longo das margens; colmos menores e mais finos; perfilhamento escasso ou ausente	deficiência de P
B ₂ . Efeitos localizados com mosqueamento ou clorose.	
C ₁ . Bordas e pontas das folhas mostram clorose amarelo-alaranjada; lesões cloróticas localizadas entre as nervuras ao longo das margens e pontas das folhas; folhas mais velhas podem tornar-se totalmente marrons ou "queimadas"; colmos mais finos; descoloração vermelha superficial na face superior da nervura principal; folhas mais novas geralmente permanecem verde-escuras; cartucho distorcido, produzindo "topo de penca" ou aparência de "leque"	deficiência de K
C ₂ . Aparência mosqueada ou clorótica começando nas pontas e ao longo das margens; lesões necróticas vermelhas resultando em aparência de "ferrugem". A casca do colmo pode mostrar coloração amarronzada internamente	deficiência de Mg
C ₃ . Folhas mais velhas podem apresentar aparência de "enferrujadas" e podem morrer prematuramente (ver A ₂ .B ₁ .C ₁)	deficiência de Ca
B ₃ . Pequenas manchas brancas circulares (sardas), mais severas nas folhas mais velhas; perfilhamento escasso; senescência prematura das folhas mais velhas	deficiência de Si
A₂. Folhas novas afetadas.	
B ₁ . Morte do meristema apical; folhas imaturas ficam torcidas e tornam-se necróticas.	
C ₁ . Folhas novas enrolam-se para baixo, dando uma aparência de "gancho"; quando a deficiência é aguda, os cartuchos tornam-se necróticos nas pontas e ao longo das margens; formação de minúsculas lesões cloróticas com centros necróticos que mais tarde tornam-se marrom-avermelhadas; colmos tornam-se mais moles, mais finos, afinando rapidamente em direção ao ponto de crescimento (ver A ₁ .B ₂ .C ₃)	deficiência de Ca
C ₂ . Folhas torcidas; lesões translúcidas ou em forma de "sacos de água" entre as nervuras; plantas novas com muitos perflhos; folhas tendem a ficar quebradiças; folhas do cartucho podem ficar cloróticas e mais tarde necróticas; freqüentemente chamada de doença do falso "Pokkah boeng"; também semelhante ao dano causado por alguns herbicidas	deficiência de B
B ₂ . Meristema apical permanece vivo; folhas imaturas ficam cloróticas e murchas, porém, sem manchas necróticas.	
C ₁ . Manchas verdes ("ilhas"); folhas eventualmente descoloridas que tornam-se finas como papel e enroladas quando a deficiência é severa; colmos e meristemas perdem a turgidez (doença do "topo caído") e adquirem aparência semelhante à borracha; perfilhamento reduzido	deficiência de Cu
C ₂ . Folhas jovens em alongação murcham especialmente em dias quentes e ensolarados, porém, o fenômeno é reversível, geralmente recuperando-se à noite (ver A ₃ .B ₂)	deficiência de Cl
B ₃ . Meristema apical permanece vivo; folhas imaturas apresentam variados graus de clorose, mas não murcham.	
C ₁ . Clorose internerval da ponta até o meio das folhas; estrias cloróticas podem tornar-se brancas e necróticas e as folhas podem desfiar por ação do vento	deficiência de Mn
C ₂ . Clorose internerval da ponta para a base das folhas; a planta inteira pode tornar-se clorótica ou branca quando a deficiência for severa	deficiência de Fe
C ₃ . Estrias cloróticas na lâmina foliar, coalescendo e formando uma faixa larga de tecido clorótico de cada lado da nervura central, mas não se estendendo à margem da folha, exceto em casos severos de deficiência; clorose inicia-se vascularmente; faixas longitudinais verde-claras ao longo das margens das folhas e verde-escuras ao longo da nervura central e das margens, originando-se da ponta para o meio da lâmina; tecidos internervais permanecem verdes inicialmente, mas logo toda a lâmina foliar pode tornar-se clorótica, estendendo-se para a base; folhas perceptivelmente curtas e largas na parte média e assimétricas; necrose na ponta da folha quando a deficiência é severa, progredindo da base para a ponta da lâmina foliar; perfilhamento reduzido e internódios mais curtos; colmos finos que podem perder a turgidez (elásticos)	deficiência de Zn
C ₄ . Folhas jovens uniformemente cloróticas; podem desenvolver coloração roxo-clara; folhas menores e mais estreitas que as normais; colmos muito finos	deficiência de S
C ₅ . Estrias cloróticas mosqueadas ocorrendo em todo o comprimento da lâmina foliar; pontas e margens das folhas podem tornar-se necróticas; sintomas manifestam-se entre 3 a 7 dias após exposição; folhas mais velhas não são afetadas	toxicidade de SO₂
C ₆ . Clorose nas pontas e margens das folhas novas progredindo da base para a ponta da lâmina foliar; por último, a clorose estende-se às folhas mais velhas; tecido clorótico rapidamente torna-se necrótico; pontas das folhas podem ficar severamente queimadas	toxicidade de B
A₃. Raízes afetadas	
B ₁ . Formam-se poucas raízes laterais e aquelas que se formam apresentam pontas anormalmente engrossadas; danos às raízes lembram aqueles causados por nematóides; plantas tornam-se altamente susceptíveis a estresse hídrico e à deficiência de fósforo	toxicidade de Al
B ₂ . Raízes anormalmente curtas; aumento no número de raízes laterais	deficiência de Cl
B ₃ . Raízes anormalmente curtas e com muito pouca ramificação lateral	toxicidade de Cl

apresentar uma redução drástica no crescimento e sintomas típicos de deficiência ("leaf freckling"- folha sardenta) nas lâminas foliares diretamente expostas aos raios solares (ELAWAD et al., 1982).

Ressalte-se que quando os sintomas aparecem, normalmente a produtividade já foi afetada economicamente. Para alguns nutrientes (por exemplo, cobre e zinco) a cana-de-açúcar apresenta o processo de "fome escondida", ou seja, a deficiência não é suficiente grave para apresentar os sintomas, mas o é para reduzir economicamente a produção.

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

A análise química do solo é a principal ferramenta para se avaliar a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a necessidade de adubação da cana-de-açúcar.

Ela pode ser dividida em 4 etapas ou fases: amostragem, análise química, interpretação dos resultados e recomendação de adubação.

A amostragem constitui a fase mais limitante, uma vez que apenas alguns gramas de solo deverão representar muitos hectares. É fundamental que a amostragem realmente represente ao máximo a área em questão.

É indispensável que a gerência agrícola (unidades de produção grandes e médias) ou mesmo o proprietário (propriedades pequenas) estabeleçam um planejamento de amostragem, levando-se em conta:

- Escolha de áreas homogêneas. Considerar textura, cor, posição no relevo e, principalmente, as produtividades anteriores. Os fiscais e administradores de campo podem contribuir muito na escolha destas áreas;
- Material utilizado na amostragem: normalmente trados, que podem ser de diferentes modelos (holandês, caneca, sonda, etc.);
- Número de amostras simples (furos) que irão formar uma amostra composta = 1 furo para cada 2 ha (mínimo de 15 e máximo de 40 furos por área homogênea para se formar uma amostra composta);
- Equipe de amostragem. De preferência sempre a mesma e deve receber treinamento inicial;
- Local e profundidade de amostragem: no meio da entrelinha. O uso de 2 profundidades (por exemplo: 0-20 e 20-40 cm) oferece uma visão da subsuperfície do solo, que ajuda a verificar a efetividade da incorporação de corretivos e a presença de impedimentos químicos.

No Brasil, e principalmente na região Centro-Sul, existe um grande número de laboratórios para análise de solos (oficiais e particulares). Deve ser dada preferência àqueles que participam do programa de qualidade interlaboratórios, coordenado por órgão oficial.

Para a interpretação dos resultados existem curvas de calibração que relacionam os teores do nutriente no solo, obtidos com uma solução extratora específica, e a produção, obtida através de trabalhos experimentais. Existem também tabelas que permitem recomendações econômicas de adubação.

DIAGNOSE FOLIAR

Em cana-de-açúcar, diagnose foliar significa o uso da composição química de qualquer tecido vegetal (lâmina foliar, bainha, internódios) para fins de avaliação do estado nutricional da planta e recomendação de adubação.

A diagnose foliar em cana-de-açúcar é influenciada por diversos fatores, destacando-se: tipo de folha amostrada, época da

amostragem (idade cronológica e idade fisiológica), solo, variedade, etc. Do ponto de vista prático, nas unidades produtoras de cana-de-açúcar do Brasil, a análise química do solo é muito mais utilizada que a diagnose foliar, na avaliação das necessidades de nutrientes pela cultura.

A Tabela 2 revela as variações apresentadas pela diagnose foliar nas várias regiões canavieiras do globo (ANDERSON & BOWEN, 1992), assim como os níveis adequados para o Estado de São Paulo (MALAVOLTA, 1982), para os diferentes nutrientes.

Tabela 2. Teores da diagnose foliar em cana-de-açúcar.

Nutriente	Variação em diversos países	Teores adequados para o Estado de São Paulo ¹
		(%)
N	1,50-2,70	1,90-2,10
P	0,08-0,35	0,20-0,24
K	0,62-2,00	1,10-1,30
Ca	0,18-0,76	0,80-1,00
Mg	0,08-0,35	0,20-0,30
S	0,03-1,00	0,25-0,30
		(ppm)
B	1-30	15-50
Cu	3-100	8-10
Fe	20-600	200-500
Mn	12-400	100-250
Mo	0,05-4	0,15-0,30
Zn	15-50	25-50

¹ Cana-planta, com 4 meses, folha +3.

CALAGEM

Os efeitos básicos da calagem em solos ácidos são: correção da acidez do solo; fornecimento de Ca e Mg; diminuição das concentrações tóxicas de Al e Mn; aumento na disponibilidade de P e Mo; melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo; melhores condições de decomposição da matéria orgânica, liberando N, P, S e B e melhor aproveitamento dos adubos.

A cana-de-açúcar, como gramínea, apresenta certa tolerância à acidez do solo. Trabalhos recentes têm indicado um papel mais nutricional do calcário (fornecimento de cálcio, principalmente) do que corretivo. Existem 3 métodos de recomendação de calagem para a cana-de-açúcar:

1) IAA/Planalsucar (ORLANDO FILHO & RODELLA, 1987), que considera a saturação por Al e os teores de Ca e Mg no solo (Tabela 3).

Tabela 3. Recomendação de calagem para a cana-de-açúcar.

Análise do solo			PRNT do calcário			
Al% ¹	Ca	Mg	65	80	100	130
	---- (meq/100 ml) ----		----- (t calcário/ha) -----			
> 70			5,0	4,0	3,2	2,5
70-50			4,0	3,2	2,6	2,0
49-30			3,0	2,4	2,0	1,5
< 30	< 1,0	e/ou < 0,4	2,0	1,6	1,3	1,0
< 30	> 1,0	> 0,4	0	0	0	0

¹ Al% = Al ÷ (Al + Ca + Mg + K) x 100.

2) COPERSUCAR (BENEDINI, 1989), que leva em conta apenas a correção do Ca e do Mg.

$$\text{Necessidade de calagem} = [3 - (\text{Ca} + \text{Mg})] \times 100 \div \text{PRNT}$$

3) IAC (RAIJ et al., 1985), que recomenda a calagem para elevação da saturação por bases do solo para 60%.

$$\text{Necessidade de calagem} = \frac{(60 - V) \times T}{\text{PRNT}}$$

onde V é a saturação por bases atual do solo e T a capacidade de troca catiônica.

A distribuição do calcário é feita a lanço em área total. O ideal é a aplicação de metade da dose recomendada antes da aração e a outra metade antecedendo-se a gradeação, porém, a aplicação com o terreno arado esbarra em limitações operacionais. O uso do arado de aiveca tem propiciado a incorporação um pouco mais profunda do corretivo, quando comparado às grades aradoras ou a arados convencionais.

Resultados positivos tem sido obtidos com o uso do calcário no sulco de plantio, sendo a aplicação realizada nas paredes laterais, em operação simultânea à adubação de plantio ou durante a cobertura (fechamento) dos sulcos. Esta prática pode ser utilizada no sistema de cultivo mínimo.

Quando necessária (indicada através do monitoramento das análises químicas do solo na camada superficial), a calagem pode ser recomendada para as soqueiras, aplicada em área total, antecedendo-se aos tratos culturais (Tabela 4).

Tabela 4. Recomendação de calagem em soqueiras.

Teores de Ca no solo (0-20 cm)	t calcário/ha
< 0,8 meq/100 ml	2,0
0,8-1,2 meq/100 ml	1,5
Ca > 1,2 meq e Mg < 0,4 meq/100 ml	1,5 (dolomítico)

GESSAGEM

O gesso agrícola, subproduto da fabricação de fertilizantes fosfatados concentrados, constitui importante fonte de cálcio e enxofre para as plantas, a um custo relativamente baixo. O gesso agrícola é bem mais solúvel que o calcário, além do que a presença do íon acompanhante SO_4^{2-} facilita a movimentação vertical do Ca^{2+} para camadas de subsuperfície, reduzindo a saturação de Al^{3+} , o que estimula o desenvolvimento do sistema radicular da planta. O gesso não é um corretivo do solo, portanto, não induz mudanças no pH. Porém, existem pesquisas mostrando que em certas condições o gesso reduz a toxicidade do Al. O gesso também não substitui o calcário, porém, complementa o seu uso. Em cana-de-açúcar, o gesso agrícola tem promovido aumentos nas produtividades de cana-planta e soqueiras. Para avaliação das necessidades de gesso agrícola é fundamental a amostragem do solo na camada de subsuperfície (20-40 ou 25-50 cm). Nestas condições, quando o teor de cálcio for < 0,8 meq/100 ml e Al% < 30 aplicar 1 t gesso/ha; quando o teor de cálcio for < 0,8 meq/100 ml e Al% > 30 aplicar 2 t gesso/ha.

A aplicação do gesso é realizada em área total, a lanço, não necessitando ser incorporado ao solo. Em cana-planta, quando necessária, a aplicação de calcário deve preceder a de gesso.

ADUBAÇÃO VERDE

As principais vantagens da adubação verde são: controle da erosão e de ervas-daninhas, reciclagem de nutrientes, elevação da CTC do solo, aumento da atividade microbiana e da retenção de água do solo e fixação do N_2 atmosférico.

Na escolha da leguminosa para a adubação verde, diversos fatores devem ser considerados: produtividade de massa verde, adaptação local, disponibilidade e custo das sementes, facilidade de incorporação, germinação posterior de sementes dormentes, etc.

Em cana-de-açúcar, a espécie mais utilizada é a *Crotalaria juncea*, seguida da mucuna preta (*Mucuna aterrima*), e com menor intensidade o guandu (*Cajanus cajan*) e o *Dolichos lab-lab*.

As leguminosas geralmente são mais sensíveis à falta de cálcio e às condições de acidez do solo. Portanto, para solos distróficos e ácidos, recomenda-se a calagem e o fornecimento de fósforo, antecedendo-se ao plantio do adubo verde.

Para a *Crotalaria juncea*, produtividades de 17-54 t de massa verde/ha tem sido obtidas. A incorporação com rolo-faca tem apresentado vantagens, tanto em rendimento operacional como em manter a integridade do sistema radicular da planta, o qual minimiza o assoreamento dos sulcos da cana, no caso dos solos arenosos.

Resultados em áreas comerciais tem indicado que a *Crotalaria juncea* pode elevar a produtividade da cana-de-açúcar em 5-10%, com algum reflexo positivo no aumento da longevidade.

O custo total/ha da implantação da *Crotalaria juncea* (gradagem, semente, plantio e incorporação) equivale ao valor de 8-9 t de cana.

ADUBAÇÃO MINERAL

• Nitrogênio

A análise química do solo, tanto de N total como de matéria orgânica, não tem se mostrado eficiente na previsão das adubações nitrogenadas para a cana-de-açúcar.

A cana-planta apresenta normalmente baixas respostas à adubação nitrogenada. As maiores probabilidades de resposta ao N ocorrem quando: a) há eutrofismo do solo; b) se cultiva a cana-de-açúcar pela primeira vez, e c) sob cultivo mínimo.

Já as soqueiras reagem ao N com maior frequência, principalmente em solos de elevada fertilidade.

As diferentes fontes minerais de N, desde que convenientemente utilizadas, produzem resultados semelhantes na adubação da cana-de-açúcar. Quando se emprega a uréia, é importante que o fertilizante sofra uma leve incorporação no solo (5 cm), visando minimizar as perdas de N por volatilização.

A fixação biológica do N_2 atmosférico por bactérias associadas ao sistema radicular da cana-planta tem sido demonstrada em vários experimentos.

Com as doses de N normalmente utilizadas em cana-de-açúcar no Brasil (inferiores a 100 kg N/ha), não é de se esperar depreciação na qualidade da cana, tal como a redução da pol% cana que ocorre sob condições de aplicação pesada de N. A Tabela 5 indica as recomendações de adubação nitrogenada.

Tabela 5. Recomendações de adubação nitrogenada para cana-de-açúcar.

Instituição	Cana-planta		Soqueiras
	Sulco	Cobertura	
	----- N (kg/ha) -----		
PLANALSUCAR ¹	0-60	-	60-100
IAC ²	20	40-80	100
COPERSUCAR ³	20	até 40	100

Fontes: ¹ ORLANDO FILHO (1985), ² RAIJ et al. (1985), ³ PENATTI et al. (1989).

• Fósforo

Em muitos solos das áreas de expansão da cana-de-açúcar o fósforo é o nutriente mais limitante. Nestes casos, a cana-planta pode receber até 180 kg P_2O_5 /ha. Enquanto alguns pesquisadores sugerem a aplicação de 30 a 60 kg P_2O_5 /ha nas soqueiras, outros não preconizam o uso do fósforo nas mesmas, devido a sua baixa mobi-

lidade no solo e, conseqüentemente, menor reação. Dados obtidos em Alagoas indicam que, embora as soqueiras apresentem alguma reação ao P, a melhor localização do nutriente é no fundo do sulco de plantio, onde doses adequadas suprirão as necessidades da cana-planta e das soqueiras subseqüentes. Na região Centro-Sul do Brasil existem muitas unidades produtoras de cana-de-açúcar que há vários anos retiraram o fósforo das formulações de soqueiras, sem reflexos de queda na produtividade.

Mesmo considerando-se a cana-de-açúcar uma cultura semi-perene, o desempenho dos fosfatos solúveis, inclusive o termofosfato e o multifosfato magnésiano, supera a dos fosfatos naturais (nacionais). A adubação fosfatada praticamente não apresenta influência na qualidade da cana.

A Tabela 6 apresenta as adubações econômicas com fósforo, em função da análise química do solo.

Tabela 6. Recomendações de adubação fosfatada (RODELLA et al., 1983).

w/t ¹	Classes de fertilidade ²				
	Muito baixa < 15 ppm P	Baixa 15-30 ppm P	Média 31-50 ppm P	Alta 51-100 ppm P	Muito alta > 100 ppm P
	----- P ₂ O ₅ (kg/ha) -----				
20	120	90	50	30	0
25	130	110	70	30	0
30	150	130	90	30	0

¹ w/t = preço da tonelada de cana/preço do kg de P₂O₅. ² Extrator de P = H₂SO₄ 0,5 N.

As Tabelas 7 e 8 indicam as recomendações de adubação fosfatada para a cana-planta, para o Estado de São Paulo e Nordeste do Brasil, respectivamente, com base na extração com resina de troca iônica (RAIJ et al., 1985) e na solução de Mehlich (MARINHO & ALBUQUERQUE, 1983).

Tabela 7. Recomendação de adubação fosfatada, extrator resina de troca iônica (RAIJ et al., 1985).

P-resina (µg/cm ³)	kg P ₂ O ₅ /ha
0-6	120
7-15	100
16-40	80
> 40	60

Tabela 8. Doses econômicas de fósforo (P₂O₅) para a cana-planta em Alagoas, em função dos teores do nutriente no solo e as relações w/t (preço t cana/preço kg P₂O₅).

Classes de fertilidade	P no solo (ppm) Extrator Mehlich	w/t				
		8	14	20	26	32
		----- P ₂ O ₅ (kg/ha) -----				
Muito baixa	< 5	120	150	170	180	190
Baixa	6-9	50	80	100	120	140
Média	10-16	10	40	60	80	100
Alta	17-34	-	10	30	50	70
Muito alta	> 34	-	-	10	30	40

• Potássio

Tanto a cana-planta como as soqueiras apresentam boa reação ao potássio.

Assim como o fósforo, o potássio deve ser recomendado por área (kg/ha), independente do espaçamento utilizado entre as linhas de plantio. O excesso de potássio no solo, assim como sua falta, podem diminuir a qualidade da matéria-prima, influenciando as porcentagens de pol e fibra da cana.

O uso da vinhaça, resíduo da fabricação do álcool, pode suprimir a utilização do potássio mineral na adubação da cana-de-açúcar.

A Tabela 9 revela as doses econômicas de potássio para a cana-de-açúcar (RODELLA et al., 1983). Na prática, a mesma tem sido utilizada, com muito sucesso, para soqueiras.

Também com base no extrator resina de troca iônica, RAIJ et al. (1985) sugerem adubações potássicas para cana-planta e cana-soca (Tabela 10).

Tabela 10. Recomendações de adubação potássica para cana-planta e cana-soca (RAIJ et al., 1985).

Cana-planta		Cana-soca	
K no solo	K ₂ O	K no solo	K ₂ O
meq/100 ml	kg/ha	meq/100 ml	kg/ha
0-0,07	140	0-0,15	120
0,08-0,15	120	0,16-0,30	100
0,16-0,30	100	> 0,30	80

Tabela 9. Recomendações de adubação potássica (RODELLA et al., 1983).

w/t ¹	Classes de fertilidade ²				
	Muito baixa < 40 ppm K	Baixa 40-80 ppm K	Média 81-130 ppm K	Alta 131-260 ppm K	Muito alta > 260 ppm K
	----- K ₂ O (kg/ha) -----				
20	170	140	90	60	0-50
25	190	160	100	70	0-50
30	200	170	110	80	0-50

¹ w/t = preço da tonelada de cana/preço do kg de K₂O. ² Extrator de K = H₂SO₄ 0,5 N.

Para o Nordeste do Brasil, MARINHO (1981) indica as seguintes recomendações de adubação potássica para a cana-planta e cana-soca (Tabela 11).

Tabela 11. Recomendação de adubação potássica para cana-planta e cana-soca na região Nordeste do Brasil, com base na análise do solo.

K no solo (ppm)	Cana-planta	Cana-soca
	----- K ₂ O (kg/ha) -----	-----
0-40	140	140
41-80	100	120
81-160	60	100

MICRONUTRIENTES

Principalmente nos solos de menor fertilidade, o cobre e o zinco são os micronutrientes mais limitantes para a cana-de-açúcar. Nos Estados do Nordeste do Brasil, suas deficiências são mais frequentes (ORLANDO FILHO, 1993).

Utilizando-se o extrator Carolina do Norte para determinar os níveis dos elementos no solo, pode-se considerar como críticos 0,8 ppm de cobre e 0,5 ppm de zinco. O uso de 5-7 kg/ha de Zn ou de Cu, no sulco de plantio, é suficiente para a correção da deficiência. Pulverizações com sulfato de Cu ou de Zn a 1%, neutralizados, também podem ser utilizadas.

Na região Sul do país, a deficiência de ferro que ocorre apenas no início da brotação das soqueiras é de ocorrência efêmera, não chegando a afetar a produtividade. Porém, tanto para a correção da deficiência de ferro como para a de manganês, o que mais se utiliza é a pulverização com solução neutralizada de sulfato de ferro ou de manganês, a 1%.

Ressalte-se que os óxidos metálicos (Fe, Mn, Cu, Zn), apesar de mais concentrados, apresentam menores solubilidades que os sais sulfatos.

Em relação ao boro, observa-se que os sintomas de deficiência são muito semelhantes aos da doença "Pokkah boeng" causada pelo *Fusarium moniliforme*. Para a correção da deficiência de boro deve-se utilizar 20-30 kg de bórax/ha no solo, ou pulverização com ácido bórico 0,5%.

RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

A fabricação de açúcar e de álcool gera uma série de resíduos dos quais, para o uso agrícola, os principais são a torta de filtro e a vinhaça.

Na fabricação de açúcar, a partir de 1 t de cana se obtém 35 kg de torta de filtro. Cada litro de álcool produzido gera de 10 a 13 litros de vinhaça, ou seja, de 700 a 900 litros por tonelada de cana, quando se trata de destilaria autônoma.

Ambos os resíduos são predominantemente orgânicos, sendo que a torta de filtro é rica em fósforo e cálcio, e muito pobre em potássio. Já a vinhaça é extremamente rica em potássio e muito pobre em fósforo.

A torta de filtro pode ser utilizada nas lavouras canavieiras em área total (80-100 t/ha), em pré-plantio; no sulco de plantio (10-20 t/ha) ou nas entre-linhas (40-50 t/ha), antecedendo-se o trato cultural das soqueiras, com excelentes reflexos na elevação da produtividade.

A vinhaça, dependendo de sua composição química e da fertilidade do solo, é aplicada por veículos-tanque (60-120 m³/ha) ou por irrigação-aspersão (150-250 m³/ha), também contribuindo para o aumento da produtividade e longevidade dos canaviais.

Tanto a vinhaça quanto a torta de filtro, quer pelos efeitos positivos na produtividade da cana, quer pelo valor fertilizante que possuem, podem ser consideradas mais como sub-produtos do que como resíduos.