

# Boletim Técnico

## FERTILIZANTES

Boletim - Dezembro / 2001

### Calagem na cana-de-açúcar

#### 1 - INTRODUÇÃO

O maior desenvolvimento do sistema radicular de uma planta irá refletir inicialmente em maior resistência à seca, maior absorção de nutrientes e conseqüentemente maior produtividade. Assim, fatores que influenciam no sistema radicular são de fundamental importância para o sucesso de um sistema agrícola, principalmente em países tropicais.

#### 1.1 Profundidade de enraizamento de diversas culturas

KOFFLER (1986) comparou a profundidade do sistema radicular de diversas culturas no Brasil e em outros Países, conforme Tabela 1:

Tabela 1 - Profundidade do sistema radicular de milho, feijão e cana-de-açúcar no Brasil e em outros países.

Local	Cultura	Profundidade do Sistema Radicular / ( Cm )
Brasil	Milho	20
	Feijão	20
	Cana-de-açúcar	60
Outros países	Feijão	50-70
	Milho	100-170
	Cana-de-açúcar	120-200

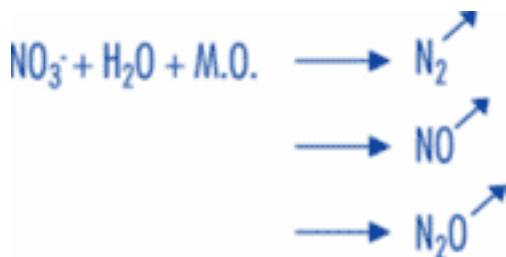
KOFFLER (1986)

Verifica-se que enquanto no Brasil o sistema radicular do milho, feijão e cana apresenta profundidade média de 20, 20 e 60 cm respectivamente, em outros países as profundidade atingidas para as mesmas culturas são 3 a 8 vezes maiores.

As maiores profundidades exploradas pelos sistemas radiculares dessas culturas são responsáveis por maiores produtividades alcançadas, portanto, deve constituir objetivo, no manejo das culturas, o maior aprofundamento do sistema radicular, com o intuito de promover conseqüentemente maior resistência à seca e maior produtividade, e no caso da cana, maior longevidade da cultura (MAZZA et al, 1994).



e) **Desnitrificação biológica do NO<sub>3</sub>**: Nitrato de amônio sobre a palhada em condições de excesso de umidade



f) **Queima de palhada: Volatilização**



### 1.3. Porcentagem média de aproveitamento dos macronutrientes

Elemento	f
N = 50 a 60%	2.0
P2O5 = 20 a 30%	3.0 a 5.0
K2O = 70%	1.5

Observa-se, portanto, que na aplicação do N-P2O5-K2O são utilizados cerca de 2 vezes mais N, 3 a 5 vezes mais P2O5 e 1,5 vezes mais K2O.

## 2 - NUTRIÇÃO MINERAL DA PLANTA

Para quantificar o primeiro parâmetro da equação anterior, quatro perguntas se fazem necessárias :

- O que?
- Quanto?
- Quando?
- Como?

### 2.1 O que?

O primeiro passo no planejamento da adubação é saber quais elementos são necessários para o fornecimento via adubação para a cana-de-açúcar, tem-se comprovadamente:

Macronutrientes:

Primários ou nobres N - P - K

Secundários Ca - Mg - S

Não existe comprovação de resposta significativa da cana ao uso de micronutrientes, porém a tendência é de resposta ao B, Cu, Mn e Zn, fato esse que já ocorre em algumas regiões específicas, como nos tabuleiros terciários do litoral do nordeste, com exceção do B, que apresenta o fenômeno do "sal cíclico", isto é, oriundo de respingos da precipitação sobre a água do mar. Uma das hipóteses de não responder ao micronutrientes é provavelmente a sua ocorrência nos calcários, principalmente os de origem sedimentar.

## 2.2 Quanto?

Definidos os elementos deve-se saber o quanto deles a planta extrai do solo, conforme apresentado na tabela 2 :

Tabela 2 - Extração e exportação de macronutrientes para a produção de 100 t de colmos.

Partes da planta	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg 100 t <sup>-1</sup>					
Colmos	83	11	78	47	33	26
Folhas	60	8	96	40	16	18
Total	143	19	174	87	49	44

Orlando F\* ( 1983)

## 2.3 Quando?

A época de aplicação é muito importante no aproveitamento do fertilizante, levando-se em consideração o estágio da cultura, o comportamento do elemento no solo e a " idade" do canavial ( cana-planta e cana-soca).

Assim, tem-se:

- Cana de ano → Época: plantio  
 → Época: cobertura (N e/ou K<sub>2</sub>O)
- Cana de ano e meio → Época: plantio  
 → Época: cobertura (potássio):  
 solos arenosos  
 ( K<sub>2</sub>O no plantio >100Kg.ha<sup>-1</sup>)\*

\* Quando a dosagem de K<sub>2</sub>O no plantio for maior que 100Kg.ha, deve -se aplicar no máximo 100Kg.ha no sulco de plantio, aplicando o restante em cobertura, antes do fechamento do canavial.

## 2.4 Como?

Na cana-de-açúcar a aplicação dos fertilizante se dá via solo :

<u>Cana-planta</u>	Pré-plantio Sulco de plantio Cobertura K <sub>2</sub> O ( cana de ano e meio) Cobertura N (cana de ano)
<u>Cana-soca</u>	Tríplice operação

## 3- AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

### 3.1. Diagnose Visual

É feita uma avaliação visual do estado geral da cultura observando a possibilidade de identificação de sintomas de deficiência ou excesso de nutrientes, principalmente nas folhas.

### 3.2. Diagnose Foliar

Deve ser feita uma amostragem foliar na época adequada para se ter uma idéia do estado nutricional das plantas de um talhão e tomar as decisões corretas sobre o manejo da fertilidade do solo em questão.

### 3.3. Análise de Solo

Essa análise serve para saber em que ambiente a cultura está instalada e como deve ser direcionado o trabalho de correção e adubação do solo visando altas produtividades.

## 4 - MANEJO QUÍMICO DO SOLO

- 4.1. Calagem
  - 4.2. Gessagem
  - 4.3. Fosfatagem
  - 4.4. Adubação Verde
  - 4.5. Adubação Orgânica
  - 4.6. Adubação Mineral
- } (\*)

(\*) Práticas corretivas - visam aumentar a eficiência da adubação mineral, isto é, diminuição do valor de f.

## 5 - CALAGEM

### 5.1. Acidez do Solo

A acidez do solo é um processo inevitável, ocasionado pela precipitação pluvial, adubação mineral ( principal - Mente a nitrogenada ) e o próprio cultivo.

### 5.2. Benefício da calagem

A calagem desempenha papel fundamental no desenvolvimento das culturas, desencadeando deiversas

reações no solo de caráter benéfico às plantas como :

#### a) Fornece cálcio e magnésio

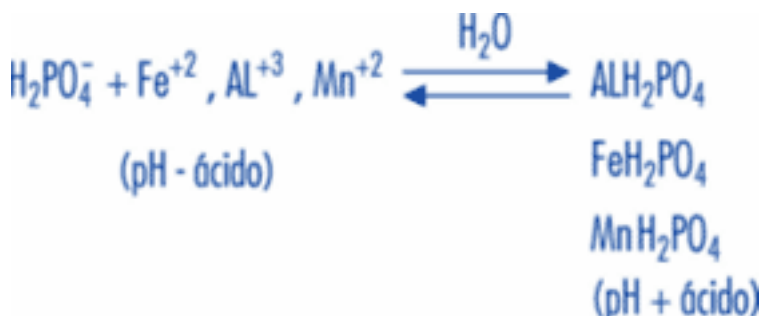
O Ca é um elemento fundamental no desenvolvimento do sistema radicular, portanto, com a calagem é possível aumentar a quantidade de solo explorado, melhorando a nutrição geral das plantas e diminuindo os efeitos de secas prolongadas e veranicos.

#### b) Aumenta a disponibilidade de nutrientes, principalmente do H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> -

A fixação do Fósforo é um grande fator de “perda” desse elemento, que pode ocorrer de duas formas no solo: precipitação em solução e adsorção específica.

##### b.1. Precipitação do P em solução

O Fósforo que se encontra na solução do solo sofre precipitação com o Al, o Fe e o Mn, que se encontram livres no solo devido ao pH baixo. Quando corrigido o pH, esses elementos se precipitam e o Fósforo não sofre precipitação e fica na forma disponível.

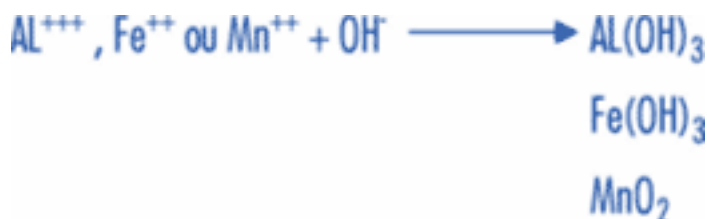


##### b.2. Adsorção específica



Onde, M = Si, Fe ou Al.

#### c) Insolubiliza os elementos Al +3 , Fe<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup>



#### d) Aumenta mineralização da matéria orgânica

Com a mineralização da matéria orgânica, o Fósforo presente nela torna-se disponível para as plantas. Esse processo de mineralização ocorre mais rapidamente em solos corrigidos, onde a atividade microbiana é mais intensa consumindo oxigênio do solo. O Fósforo liberado pela matéria orgânica, os fosfo-húmicos

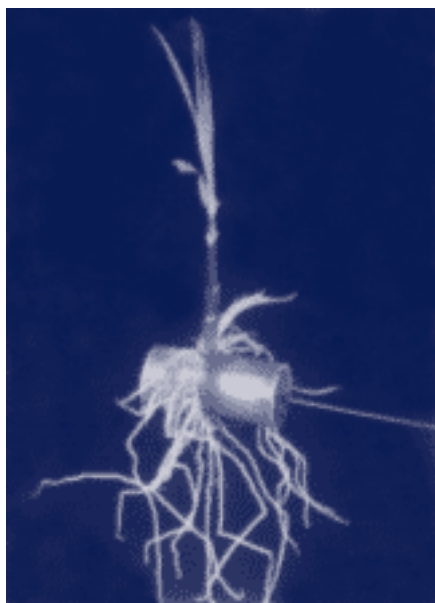
são assimiláveis pela raiz e fracamente retidos pelo solo. A matéria orgânica mineralizada também melhora a agregação do solo e aumenta a capacidade de infiltração de água.



#### e) Aumenta fixação biológica do N<sub>2</sub> no ar

Na rizosfera da cana-de-açúcar existem bactérias de vida livre, principalmente do gênero *Beijerinckia*, a qual promove a fixação assimbiótica ou livre do nitrogênio, sendo que essa fixação tem maior atividade em ambientes com pH por volta de 5,5 a 6,0, promovendo altas quantidades de nitrogênio disponíveis para cana-planta, sendo que a potencialização dessa fixação pode ser realizada com o aumento do pH, razão pela qual no plantio de cana se emprega baixa dose de N. Salienta-se que essa fixação somente ocorre em cana-planta pela utilização das mudas (os toletes fornecem energia), a qual tem alta quantidade de açúcar (energia) disponível às bactérias, aliado ao fato de baixa relação C/N, menor quantidade de raiz em relação à cana-soca, que apresenta C/N elevada e ausência da fonte de energia (açúcar) propiciada pela muda. Estima-se que essa associação possibilita fixação de 6,21 Kg.há<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de N na parte aérea e 79,5 Kg.há<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> de N no solo da rizosfera (CARNAUBA, 1990).

Foto 1: Germinação do tolete em condições propícias a fixação biológica do N<sub>2</sub> do ar.



Fonte: Prof. Dr. Dodofredo Cesar Vitti

#### f) Melhora a agregação do solo (efeito do Ca)

O cálcio é um agente floculante, tendo um efeito de agregação do solo, diminuindo seu potencial de compactação.

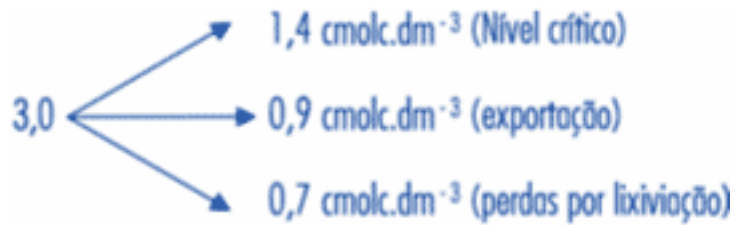
Conseqüências da correção do solo :

- 1- Aumenta a eficiência da adubação N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O;
- 2- Aumenta o sistema radicular;
- 3- Diminui a necessidade de fornecimento de N na cana planta;
- 4- Aumenta a resistência à seca maior absorção de água e de nutrientes;
- 5- Melhora a convivência com pragas de solos (maior sistema radicular)
- 6- Aumenta a longevidade do canavial;
- 7- Aumenta a produtividade.

## 6 - MÉTODOS DE CALAGEM

6.1 - Fornecimento de cálcio e magnésio (BENEDINI, 1988)

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{[3 - (Ca + Mg^*)] \times 100}{PRNT}$$



\* Ca + Mg = cmolc.dm<sup>-3</sup>

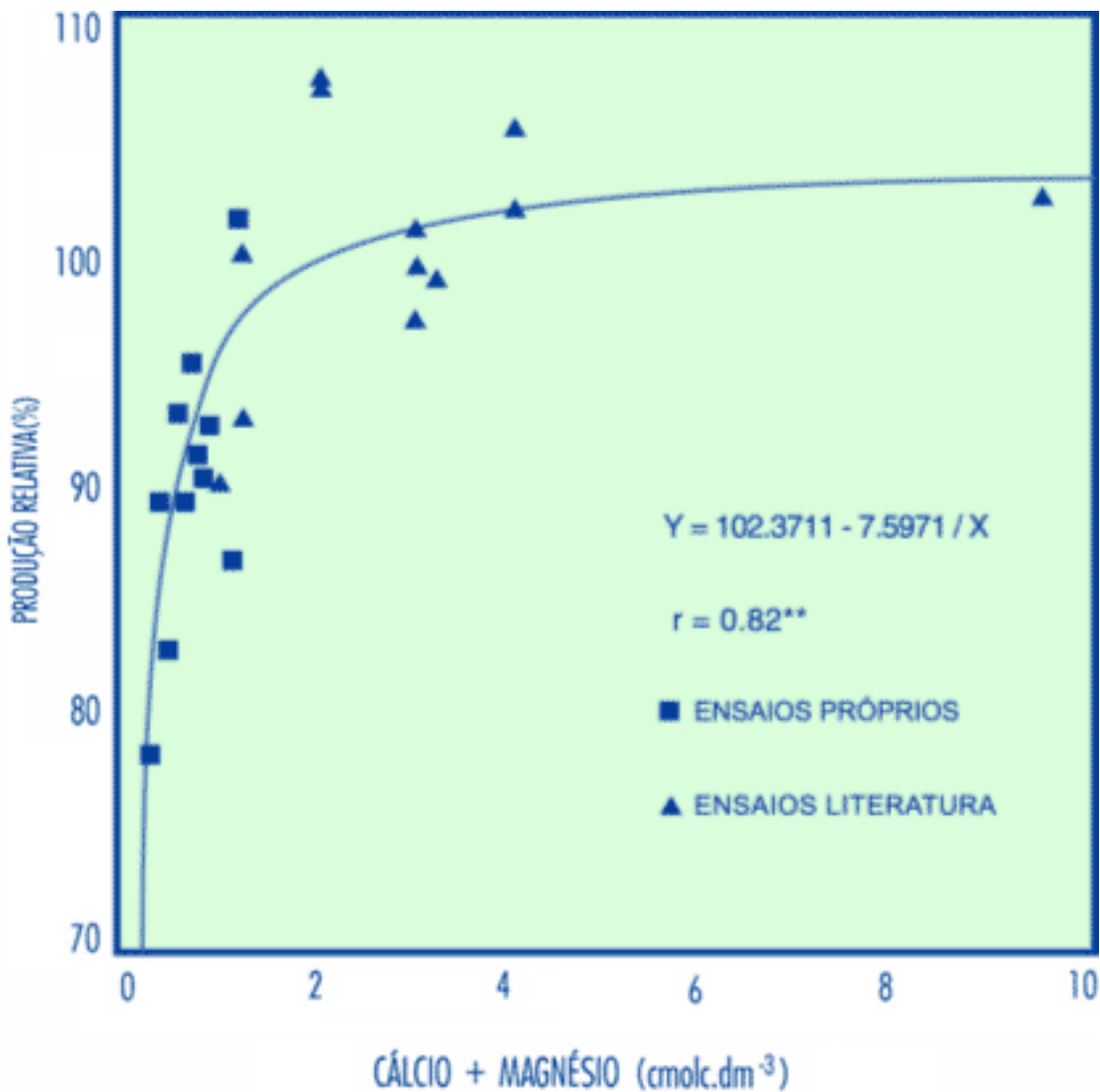


Gráfico 1: Efeitos do cálcio + magnésio iniciais no solo sobre a produção relativa de cana, com a aplicação de calcário.



6.2 - Elevação da saturação por bases (BOLETIM TÉCNICO N° 100, 1996)

$$NC \text{ (t/ha)} = \frac{(60 - V_1) \text{ CTC}}{10 \text{ PRNT}}$$

NC (t/ha) = necessidade de calcário para 0-20cm.

$V_2 = 60\%$  = saturação por bases.

$V_1$  = saturação por bases atual do solo.

CTC = capacidade de troca catiônica ( $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ) a pH = 7,0.

PRNT = poder relativo de neutralização total do calcário.

Logo, esse método leva em consideração a:

⇒ Análise de solo  $V_1$  e CTC

⇒ Cultura:  $V_2$  (60 % para a cana-de-açúcar)

⇒ Calcário: PRNT

## 7 - COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS

### 7.1 - Doses

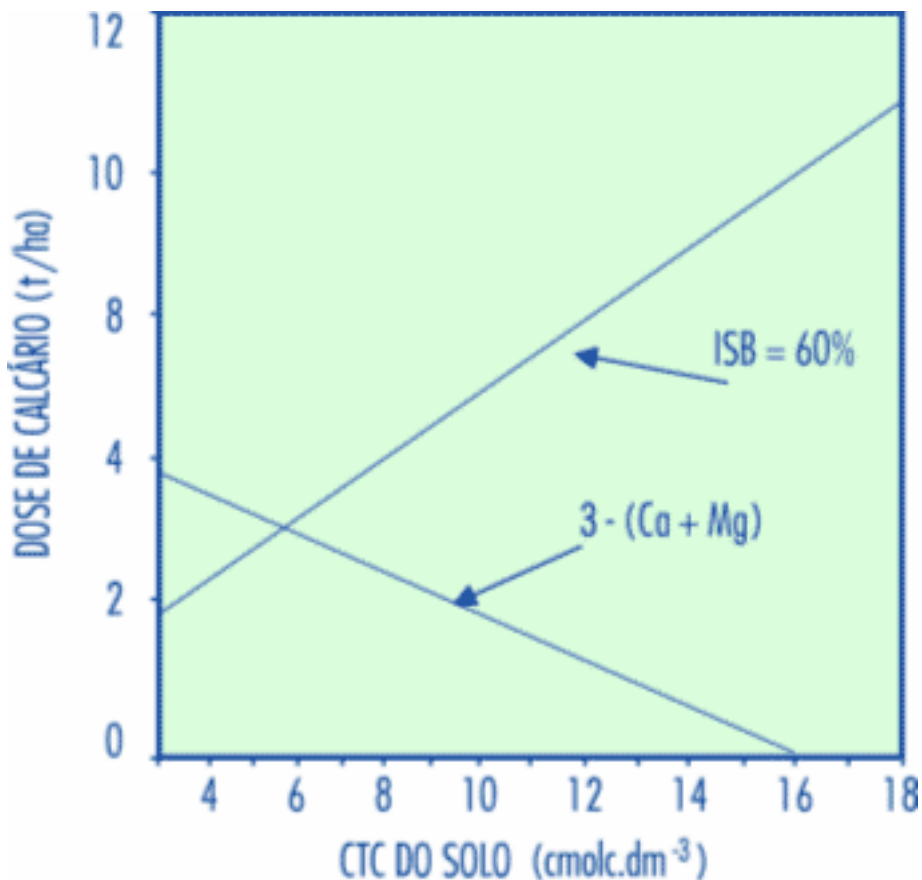


Gráfico 2: Gastos de calcário (PRNT = 67%) comparando dois métodos em diferentes tipos de solos com saturação em bases iniciais iguais.

Analisando esse gráfico observa-se que em solos mais arenosos ( $CTC < 5,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$ ) o método do, Ca e Mg apresenta mais consumo de calcário, enquanto que em solos mais argilosos o método do V% apresenta maior valor.

### 7.2. "Críticas" ao método do Ca + Mg

- Não leva em consideração a CTC, isto é, o poder tampão do solo;
- Não leva em consideração o equilíbrio entre nutrientes;
- Não leva em consideração a relação Ca/Mg, bem como, a Ca% T e Mg%T;
- Não separa os teores de Cálcio e Magnésio do solo,
- Não leva em consideração o teor de Alumínio do solo,
- Não propicia plenamente os benefícios indiretos da calagem:

**a) Disponibilidade do P**

No gráfico 3 é apresentada a relação entre o pH e a fixação de P, podendo-se observar que a fixação mínima ocorre em valores de pH próximos de 7,0.

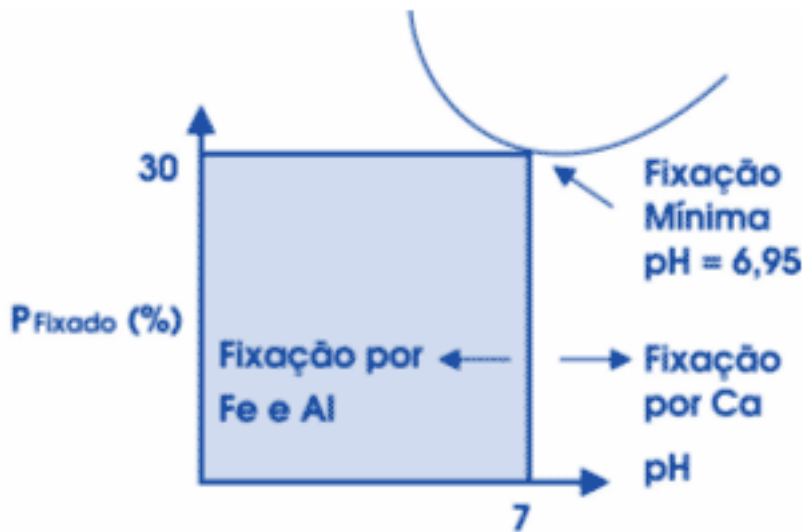


Gráfico 3: Relação pH x Fixação de P

**b) Fixação biológica do N2**

Em pH corrigido aumenta a atividade de microrganismos heterotróficos.



**d) Equilíbrio de bases (K, Ca e Mg).**

A calagem, por aumentar a CTC efetiva, irá diminuir a lixiviação de K, diminuindo o K+ em solução, aumentando a sua adsorção e diminuindo absorção de luxo.

O efeito da calagem na concentração de potássio de solução do solo (extraído de Goedert et alii, 1975), pode ser visualizado na tabela 3:

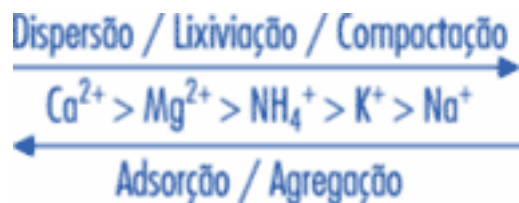
Tabela 3: Influência da calagem sobre o K em solução.

Solo	Calagem	K solução (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )
Santo Angelo	-	0,34
	+	0,30
Vacaria	-	0,32
	+	0,23
Bom Jesus	-	0,21
	+	0,19
Passo Fundo	-	0,18
	+	0,19

A calagem também irá promover o equilíbrio entre as relações Ca, Mg e K do solo. Assim, um solo equilibrado deve apresentar os seguintes valores aproximados para uma saturação por bases de 60%.

K / CTC + 3 a 5%  
Mg / CTC = 10 a 15%  
Ca / CTC = 35 a 40%

Disso resulta uma relação K : Mg : Ca aproximada de 1 : 3 : 9 a 1 : 5 : 25, com relação Ca / Mg na faixa de 3,0 a 5,0 / 1, obedecendo à série liotrópica:

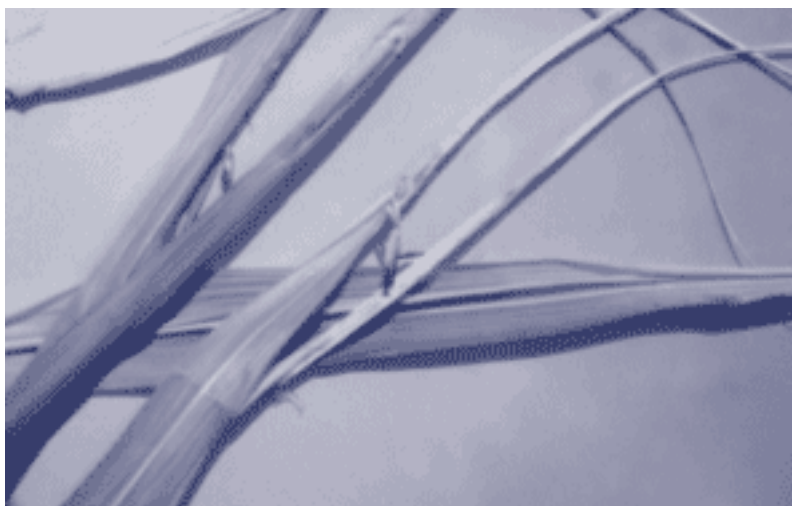


Propicia ao solo portanto, maior efeito agregante, isto é, menos compactação. Esse fato torna-se ainda mais importante em solo que recebem continuamente altas doses de vinhaça, podendo levar à salinidade do solo, inclusive com deficiência de Cálcio na planta, conforme fato ocorrido em área de uso desse resíduo. A análise desse solo revelou um desequilíbrio entre essas bases, ou seja, com valores de :

K % CTC = 14  
Mg % CTC = 08  
Ca % CTC = 22

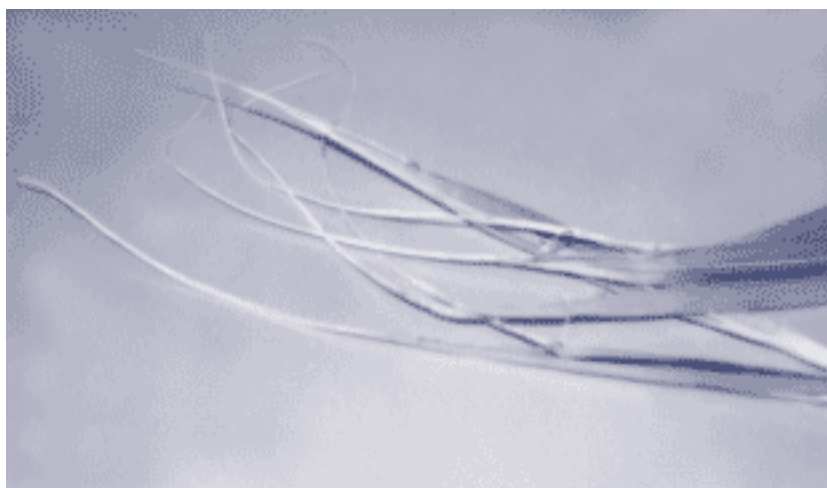
Os reflexos dessa situação puderam ser verificados nos sintomas visuais de deficiência de Cálcio conforme apresentado nas fotos 1 e 2, levando a baixa produtividade e dispersão do solo.

Foto 2 : Deficiência de Cálcio em cana-de-açúcar



Fonte : Prof. Dr. Godofredo César Vitti

Foto 3 : Deficiência de Cálcio em cana-de-açúcar



Fonte : Prof. Dr. Godofredo César Vitti

**e) Adubação potássica em solos com alumínio.**

A tabela 4 está apresentando os efeitos negativos da adubação potássica em solos não corrigidos, revelando diminuição no sistema radicular pelo aumento de doses desse nutriente. Esse fato ocorreu devido ao  $K^+$  ter extraído  $Al^{3+}$  da CTC do solo, aumentando o seu teor em solução, tornando mais disponível para as plantas de milho doce. Por outro lado, quando da adição de material corretivo  $Ca(OH)_2$  e de  $MgO$ , observou-se aumento do sistema radicular pela adubação potássica.

**Tabela 4: efeito do KCl e calcário na concentração de Al e Ca + Mg na solução do solo e no crescimento de raízes de milho doce (Ragland e Coleman, 1959, citado em BLACK, 1968).**

Solo original ácido			Solo ácido + 2 e.mg de $Ca(OH)_2$ + 1 e.mg de $MgO$ por 100 g			
KCl adicionado por 100 g e.mg	Produção relativa de raízes	Íons por litro de extrato de saturação		Produção relativa de raízes	Íons por litro de extrato de saturação	
		Al	Ca+Mg		Al	Ca+Mg
		mg	e.mg		mg	e.mg
0	41	0.8	0.5	23	0.2	1.6
0.5	36	18.0	3.0	100	0.2	4.0
1.0	23	46.0	4.0	98	0.8	8.0

### 7.3. - Sugestão para Recomendação

#### 7.3.1. Copersucar (93)

a) Solos arenosos (CTC < 5,5 cmolc.dm<sup>-3</sup>)

$$NC = \frac{[3 - (Ca + Mg)] \times 100}{PRNT}$$

$$Ca + Mg = \text{cmolc.dm}^{-3}$$

b) Solos argiloso (CTC >= 5,5 cmolc.dm<sup>-3</sup>)

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC}{PRNT}$$

$$V_2 = 60\%$$

$$CTC = \text{cmolc.dm}^{-3} \text{ (pH} = 7,0)$$

#### 7.3.2 Martins & Cerqueira Luz (Usina São João)

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC^{(1)} + \frac{1}{2} (V_2 - V_1) CTC^{(2)}}{PRNT}$$

$$NC = \text{t/ha de calcário na camada de 0-40 cm}$$

$$^{(1)}CTC = 0 \text{ a } 20 \text{ cm (cmolc.dm}^{-3})$$

$$^{(2)}CTC = 20 \text{ a } 40 \text{ cm (cmolc.dm}^{-3})$$

#### 7.3.3. Vitti & Mazza, 1998 (Cosan, Rafard).

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC^{(1)} + (V_2 - V_1) CTC^{(2)}}{PRNT}$$

$$NC = \text{t/ha de calcário (0-40 cm)}$$

$$^{(1)}CTC = 0 \text{ a } 20 \text{ cm (cmolc.dm}^{-3})$$

$$^{(2)}CTC = 20 \text{ a } 40 \text{ cm (cmolc.dm}^{-3})$$

#### 7.3.4. Cana-soca (VITTI & MAZZA, 1998)

No caso da cana-soca utilizar o critério de saturação por bases (V=60%) em amostras retiradas na profundidade de 0 a 20 cm, utilizando-se uma dose máxima de 3,0 t/ha de calcário através da seguinte equação:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) CTC}{PRNT}$$

Onde a CTC está expressa em cmolc.dm<sup>-3</sup>

## 8. CONCLUSÃO

A adubação da cana-de-açúcar inicia-se com a amostragem de solo, continua com a aplicação de calcário e termina com a utilização do fertilizante.

## 4. LITERATURA CITADA

**BENEDINI, M.S.**, Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar, COPERSUCAR, Série Agronômica, n° 16, 1ª edição, 1988. 19p.

**BLACK, C.A.** Soil-plant relationships, 2ND ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1968, 792p.

**BOLETIM TÉCNICO N° 100 2ª edição**, RAIJ, B. van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo, 2.ed., Campinas, SP, Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1996, 285p.

**CARNAÚBA, B.A.A.** O nitrogênio e a cana-de-açúcar. STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.8, n.3/4. p.24-41, jan./abr. 1990.

**GOEDERT, W.J., SYERS, J.K. & COREY, R.B.** Relações quantidade-intensidade de potássio em solo do Rio Grande do Sul. Pesq. Agrop. Brasi., 10: 31-35, 1975.

**KOFFLER, N.F.**, A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado. Piracicaba, POTAFÓS, 1986. 12p. (Informações Agronômicas, 33).

**MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; MENEZES, G.M. & TAGLIARINI, C.H.** influência da compactação no desenvolvimento do sistema radicular de citros: sugestão de método qualitativo de avaliação e recomendação de manejo. Revista Laranja, Cordeirópolis, 15 (2): 263-275, 1994.

**ORLANDO F°, J.** Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S. e OLIVEIRA, E.A.M (Ed.) Produção FEALQ/USP Piracicaba, SP p. 133-146, 1993.

**PENATTI, C.P. & FORTI, J.A.** Projeto: Calcário e Gesso em cana-de-açúcar. Divisão Central de Engenharia Agrícola - Seção de Manejo de Solo. COPERSUCAR, 1993, 79p

**VITTI, G.C. & MAZZA, J.A.** Aspectos importantes no manejo da cana-de-açúcar. FERTIZA/CEA. Piracicaba, SP 3p. 1998, (Folder Técnico).

Depto. de Solos e Nutrição de Plantas. ESALQ/USP  
Av. Pádua Dias, n° 11 - Caixa Postal 09 CEP 13.418-900  
Piracicaba - SP

Email: [gcvitti@carpa.ciagri.usp.br](mailto:gcvitti@carpa.ciagri.usp.br)