

APLICAÇÃO DE N, P e ³⁵S EM DOIS SOLOS DE SÃO PAULO E SEUS EFEITOS SÔBRE A CANA-DE-AÇÚCAR

LAURENTINO FERNANDES BATISTA

Orientador: DR. VALDOMIRO CORREIA DE BITTENCOURT

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz," da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Energia Nuclear na Agricultura.

PIRACICABA
Estado de São Paulo
Setembro, 1977

Aos meus pais, irmãos
e noiva,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Valdomiro Bittencourt, pela orientação certa nas horas precisas;
- Ao Dr. José Plácido de Andrade, pelo apoio e incentivo dado para realização do curso;
- Ao PLANFAP pela bolsa concedida;
- Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pelo curso fornecido;
- À Escola de Agronomia de Areia-PB, pelo afastamento concedido para a realização do curso;
- Ao Prof. Dr. Henrique Bergamin Filho e Engenheiros Agrônomos Francisco Krug e Elias Zagatto, pelas análises químicas;
- Ao colega Domício Alves Cordeiro, pelas sugestões e colaboração no desenvolver do trabalho;
- Aos colegas Antonio Cardoso e Antonio Carlos Ribeiro, pelas ajudas e amizade profunda;
- Ao Engenheiro Agrônomo Virgílio Nascimento Filho, pelas contagens do material radiativo;

- Às laboratoristas Vitalina Neide Beloto, Cláudia Regina Cazali e Iolanda Aparecida Rufini, pelas análises;
- Aos colegas da Paraíba que estiveram comigo durante o curso pelos incentivos dados;
- Aos mestres que com dedicação ofereceram os cursos;
- Ao colega José Pires, pelo acolhimento dispensado;
- Aos colegas Attílio Dall'olio, Luiz Roberto Graça, Keigo Minami, Ricardo Guazeli e Sílvio Cícero Moura, pelos momentos alegres vividos na república;
- Aos que diretamente ou indiretamente participaram deste trabalho.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO	01
2. INTRODUÇÃO	03
3. REVISÃO DE LITERATURA.	05
3.1. Enxofre na planta	05
3.2. Enxofre no solo	12
3.3. Disponibilidade do enxofre. Estudo Isotópico.	17
3.4. Equilíbrio de formas disponíveis de Fósforo e Enxofre . .	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Seleção do Solo	22
4.2. Coleta e Preparação dos Solos	22
4.3. Tratamentos	24
4.4. "Incubação" dos Fertilizantes	26
4.5. Preparo das Mudas	26
4.6. Traçador Radioativo	27
4.7. Condução do Experimento	28
4.8. Aplicação dos Micronutrientes	28
4.9. Coleta do Experimento	28
4.10. Preparo das Amostras de Plantas	29
4.11. Preparo das Amostras de Solos	29
4.12. Contagem do Enxofre-35 no Material Vegetal.	30
4.13. Padronização das Amostras Radioativas	30
4.14. Análises Químicas das Plantas	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1. Absorção de Enxofre	32
5.2. Absorção de Nitrogênio.	36
5.3. Absorção de Fósforo	39
5.4. Produção de Colmos.	42
5.5. Relação N/S na planta	45

	<u>Página</u>
5.6. Relação P/S na Planta	48
5.7. Disponibilidade de Enxofre.	50
5.8. Eficiência do Gesso	55
5.9. Fósforo Extraível	59
6. CONCLUSÕES	62
7. SUMMARY.	64
8. LITERATURA CITADA.	66
9. APÊNDICE	76

--0000000000--

RESUMO

Um experimento foi conduzido com cana-de-açúcar variedade NA-5679, em vasos sob condições de casa-de-vegetação. Três níveis de ni trogênio na forma de uréia e de fósforo na forma de fosfato diamônico e cin co níveis de enxofre na forma de sulfato de cálcio foram aplicados, a dois solos do Estado de São Paulo (Latossol Roxo - LR e Podzólico Ver melho amarelo variação Laras - PVls), de tal forma que foram obtidas cin co relações S/N+P.

Foi observado um efeito do enxofre aplicado aos solos so bre a produção de colmos e sobre os teares de nitrogênio e enxofre na planta. Nenhuma tendência bem definida foi verificada quanto ao teor fo liar de fósforo.

A disponibilidade de enxofre, no solo, avaliada através da técnica do valor-A mostrou que, de um modo geral, há um aumento nesse pa

rametro quando se elevam os níveis aplicados ao solo desse nutriente e de fósforo, sendo que este efeito foi mais significativo no PVls do que no LR. Por outro lado, verificou-se que no LR houve, comparativamente ao PVls, uma maior quantidade de fósforo extraído com H_2SO_4 0,05N, em função do enxofre aplicado.

A eficiência do gesso foi de 4,41% no LR e 8,32% no PVls , evidenciando ser o $CaSO_4$ uma fonte apropriada de enxôfre.

1. INTRODUÇÃO

Desde o tempo de *LIEBIG* o enxofre tem sido considerado como um elemento necessário ao desenvolvimento dos vegetais superiores. No entanto, só recentemente, este elemento tem recebido atenção na nutrição das plantas cultivadas. Os estudos, hoje, dirigidos ao enxofre, foram motivados por deficiências nesse elemento, encontrados em muitas culturas em todo o mundo. Atribuiu-se que tais deficiências sejam causadas provavelmente por: (a) emprego de fertilizantes livres de enxofre; (b) diminuição de inseticidas e fungicidas contendo o elemento; (c) aumento da productividade agrícola, que vem determinando necessidades cada vez maiores de todos os elementos essenciais.

No Brasil, poucos trabalhos tem sido feitos no sentido de se verificar o efeito do enxofre, na produção agrícola e industrial da cana-de-açúcar. Além disso tem-se também negligenciado, estudos relativos

ao aproveitamento de fontes abundantes desse elemento, como é o caso específico do sulfato de cálcio, que hoje é um sub-produto da fabricação de ácido fosfórico.

Deve também ser considerado que em termos de Brasil, poucas pesquisas têm sido conduzidas envolvendo o relacionamento do enxofre com os demais macronutrientes anionicas como o nitrogênio e o fósforo.

Para os solos do Estado de São Paulo, tem-se procurado caracterizar o comportamento físico-químico do enxofre afim, de se estabelecer os níveis de fertilidade desse macronutriente. Os dados obtidos têm revelado um baixo nível de enxofre trocável que ainda é mais agravado pelos processos intensos de perdas naturais desse elemento.

Portanto o objetivo deste trabalho foi verificar a ação do enxofre na forma de sulfato de cálcio (gesso) aplicado a solos do Estado de São Paulo, os quais foram cultivados com cana-de-açúcar sob condições de casa-de-vegetação. Procurou-se também estabelecer as melhores relações nitrogênio/enxofre e fósforo/enxofre, sobre os aspectos produtivo e nutricional da cana-de-açúcar. Lançou-se mão também do sulfato de cálcio marcado com enxofre-35 para se determinar a disponibilidade daquele nutriente em relação à cana-de-açúcar, bem como a eficiência do gesso, para os dois solos utilizados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Enxofre na Planta

Apesar do enxofre ser conhecido a longo tempo como um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, só recentemente tem sido considerado com a devida atenção nos programas de fertilização.

O enxofre é essencial ao desenvolvimento das plantas devido à determinadas funções que desempenha no metabolismo vegetal, tais como:

- a) Síntese de amino-ácidos sulfurados como a cistina, cisteína e metionina e portanto na composição das protei-nas.
- b) Na ativação de certas enzimas proteolíticas, tais como as papainases.
- c) Na síntese de certas vitaminas glutaminicas e da coenzii

ma A.

- d) Na formação de óleos glucosídeos de grupos hidrogênio - sulfeto (HS -) no tecido da planta o qual mostra-se estar relacionado com a resistência da planta ao frio.

Trabalhos recentes relatam deficiências de enxofre, em plantas, nas diversas partes do mundo. Assim no Brasil, podem ser citados os estudos de *McCLUNG e FREITAS (1959 b)*; *McCLUNG et alii (1959 c)*; *GAR GANTINI e OLIVEIRA (1972)* e *FREIRE et alii (1974)*; em Porto Rico *BONNET (1965)*; nos Estados Unidos *JONES (1964)*, *GUPTA e VEINOT (1974)* e *AULAKH et alii (1976)*.

Respostas de certas culturas a aplicação de enxofre tem sido relatadas por diversos autores. Assim *KANG e OSINAME (1976)* verificaram que o milho apresenta aumentos de produção quando aplicaram-se níveis correspondentes a 7,5, 15 e 30 kg S/ha e por outro lado um decréscimo quando o nível sobe a 60 kg S/ha. Em trabalhos realizados no Brasil, também com a cultura do milho (*FREIRE et alii, 1974*) em cinco solos de Minas Gerais foi verificado que todos os solos responderam às aplicações de enxofre, havendo, no entanto, uma tendência generalizada de decréscimo na produção de matéria seca quando as doses foram superiores a 80 kg S/ha.

Em cultura de "*Vigna sinensis*" a aplicação de 250 kg/ha de enxofre elementar ao solo, e de solução a 0,1% de H₂SO₄ e Fe SO₄, via foliar, apresentaram aumentos de 38,0, 32,6 e 33,4 % respectivamente, quando comparados ao nível zero de enxofre, já a aplicação de 200 kg S/ha na forma de gesso apresentou um aumento de produção da ordem de 31,2% (*GUPTA, 1974*).

Posição bem otimista com respeito a importância de enxofre na produção de algodão cultivado em solos de "Cerrado" do Brasil Central, foi tomada por *McCLUNG et alii (1970 c)* que afirmaram ser o elemento o segundo fator limitante da produção daquela cultura, após o calcário.

No caso específico de cana-de-açúcar a aplicação de gesso como fonte de enxofre tem sido prática de rotina em todos os Polos açucareiros. Assim *BONNET (1965)* aplicou 300 kg S/ha e cultivou a cana por sete meses, obtendo uma produção de colmos de 40 t/ha, por outro lado o solo sem aplicação do elemento produziu apenas 27 t/ha. Com respeito a produção de açúcar, houve um incremento de 1,8 para 6,1 t/ha. Na Índia, em cana-de-açúcar Co-417 e Co-527 (*DUTT, 1962*) com sintomas de severa deficiência de enxofre (clorosis e pigmentos antocianinicos) foram corrigidas com aplicação de gesso. *SEDL (1968)* empregando uma dose de 100 kg S/ha na forma de gesso, em dois solos de Queensland, conseguiu uma produção de açúcar de 2,6 e 3,5 t/ha. Cita ainda que os produtores de cana-de-açúcar daquela região vêm substituindo a uréia e a amônia anidra pelo sulfato de amônio e o superfosfato triplo pelo superfosfato simples, objetivando , portanto, uma adubação equilibrada com respeito ao enxofre.

STANFORD e JORDAN (1966) e *MEHLICH (1970)*, por sua vez obtiveram aumentos de produção de açúcar de 7 a 74% com a aplicação de sulfato de cálcio, em relação ao nível zero de gesso. *HILL (1963)* evidenciou também que a aplicação de 190 kg de gesso/ha, em cana-de-açúcar, resultou em um aumento de 15,6% na produção de colmo e 12% na de açúcar. Porém, quando aplicou 380 kg/ha, os aumentos foram de 20 e 16%, respectivamente,

No Brasil (*MALAVOLTA e HAAG, 1964*) trabalhando com a variedade CB 4146, em solução nutritiva, verificaram uma redução no teor de sacarose da planta quando o enxofre foi omitido. Em um ensaio de campo usando cana-de-açúcar variedade Co-419 cultivada em Terra Roxa Estruturada, aplicando doses equivalentes a 90 kg S/ha na forma de sulfato de amônio e superfosfato simples, e acompanhando a curva de absorção de enxofre pela cultura (*CATANI et alii, 1959 a*) concluíram que para a produção de 100 toneladas de colmos de cana, haveria uma remoção de 22 kg de enxofre do solo contra 19 kg de fósforo.

A necessidade de enxofre para uma cultura pode ser estimada: (a) pelo teor de enxofre no solo, extraído com uma determinada solução extratora; (b) pelo conteúdo de enxofre total em determinado órgão da planta; (c) pelo nível de nitrogênio na planta, ou (d) pelo conteúdo de enxofre disponível do solo, medido através do uso de radioenxofre como traçador. *BONNET (1965)*, verificou que plantas cultivadas em solos com nível de enxofre inferior a 40 ppm (extraído com solução de acetato de sódio 0,73 N e ácido acético 0,5 N em pH 4,8) responderam significativamente a aplicação daquele nutriente. Além disso verificou que a cana-de-açúcar com conteúdo de enxofre na folha de 0,5% apresenta uma produção relativa de 80% e portanto responde muito bem à adubação com o elemento. Por outro lado, quando o nível era de 0,8%, a produção é de 95%, não sendo conveniente a fertilização.

Em trabalho realizado em casa-de-vegetação usando amostras superficiais de solos, *OSINAME e KANG (1975)* estabeleceram que para gramíneas, o nível de 0,15% de enxofre na parte aérea da planta é considera-

do crítico. No que diz respeito ao solo, encontraram 5,3 ppm de enxofre , extraído com acetato de amonio, como nível crítico. Sintomas de deficiência foram observadas em plantas cultivadas em solos com menos de 5 ppm de enxofre e acréscimos significativos foram conseguidos na produção, quando aplicaram de 5 a 20 ppm de enxofre. No entanto, respostas não significativas foram observadas para doses superiores a 30 ppm de enxofre.

Para a cultura do milho, plantas com 0,14% de enxofre foram consideradas no nível crítico (*KANG e OSINAME, 1976*) e no que diz respeito ao solo verificou-se respostas significativas quando o conteúdo do elemento extraído com solução de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - 500 ppm P foi inferior a 4,0 ppm.

Extraíndo enxofre do solo com solução 0,1 M de CaCl_2 , *WALKER e DOORNEMBAL (1972)* verificaram que aquelas amostras que apresentavam teores de 2 a 3 ppm desse nutriente, responderam a aplicação de gesso em 95% dos casos. Para solos contendo 5 ppm de enxofre e que também responderam a aplicação do gesso, somente 10% foram considerados como deficiêntes no elemento em questão.

Quanto as relações de nutrientes, análises feitas nas proteínas das plantas mostraram que a razão N/S em geral é de 17. Todavia , este valor não é o mesmo quando se considera outros compostos das plantas ou mesmo os conteúdos totais desses dois elementos. Plantas cultivadas no Estado de São Paulo (*MALAVOLTA, 1951*) apresentaram relação N/S variando de 2,73 (raiz de arroz) a 60,0 (Kikuio) com média 7,50. A relação P/S por sua vez varia de 0,16 (tomate) a 12,0 (guar) com média 0,97. Cada espécie vegetal apresenta uma relação N/S e P/S ótima evidenciou o autor. O

desequilíbrio nutricional da planta, provocado pelo excesso ou falta de um dos três elementos, acarretará uma alteração nas relações N/S e P/S.

Partindo deste princípio tem-se procurado estimar a necessidade de enxofre para uma determinada cultura pelas relações N/S e P/S. Assim, para forrageiras a relação N/S ótima e de 10 a 15 (MARTIN e WALKER, 1966). Valores superiores evidenciam deficiência de enxofre e inferiores de nitrogênio.

Resultados obtidos em um experimento com arroz em solo argiloso, mostram que o nível ótimo da concentração de nitrogênio nas folhas foi uma função linear da concentração de enxofre (WILLIHAN e SHARPLESS, 1974). Concluíram que em condições de deficiência de nitrogênio ou enxofre há limitação da produção de proteínas e portanto haverá a limitação na utilização dos outros elementos. Consequentemente, uma estimativa da concentração crítica de enxofre ou nitrogênio pode ser feita pelo teor de qualquer um desses elementos.

Um estudo feito com alfafa (AULAKH *et alii*, 1976) indicou que um aumento na taxa de enxofre aplicado ao solo, provoca acréscimo na concentração de nitrogênio total, nitrogênio proteico, enxofre total e enxofre solúvel na planta, mas as frações de nitrogênio não proteico (N-aminoácido, N-amida e N-nitrato e nitrito) diminuem. Os dados indicaram que para uma suplementação adequada desta espécie é necessário uma parte de enxofre para onze a doze partes de nitrogênio. Resultados similares foram encontrados por PUMPHREY e MOORE (1965) e DIJKSHOORN e VAN WIJK (1967).

O efeito do enxofre aplicado sobre o nitrogênio não proteico, açúcares solúveis e razão N/S foi estudado no milho por RENDING *et*

et alii (1976). Esses autores verificaram que o aumento no nível de enxofre aplicado ao solo, provocou uma diminuição no conteúdo de nitrogênio não proteico e aumento no conteúdo de açúcares solúveis. Concluíram que quando o nível de enxofre aplicado foi menor que o necessário para o máximo desenvolvimento da planta, ocorreu uma concentração de nitrogênio não proteico maior que a normal. Por outro lado, a concentração de açúcares foi menor que a considerada normal, evidenciando portanto, a necessidade de se estabelecer um nível adequado de enxofre a ser aplicado. Desse modo foi estabelecido que em plantas com concentração de N não-proteico superior a 500 ppm há um aumento na produção com a adição de sulfatos ao solo.

A relação N/S ótima é variável para cada cultura, como já foi mostrado anteriormente. Em alfafa 15:1 (PUMPHREY e MOORE, 1965), em gramíneas forrageiras 17:1 (STEWART e WRITFIELD, 1965), em milho 20:1 (RENDING *et alii*, 1976), porém na cultura de cana-de-açúcar não há dados experimentais que permitam o estabelecimento da relação ótima.

GOLDEN (1971) estudando os efeitos das interações P x S em cana-de-açúcar, verificou uma grande correlação entre estes fatores. Para um mesmo nível de fósforo aplicado ao solo, a produção de cana foi sensivelmente aumentada na proporção que se elevava a dose de enxofre aplicada e vice-versa. Foi verificado ainda, que o conteúdo de enxofre na folha foi afetado pelos níveis de fósforo e enxofre aplicados e pela relação P/S fornecida. O coeficientes de correlação entre o enxofre disponível no solo e o conteúdo de enxofre na folha foi $r = 0,987$ (altamente significativo).

3.2. Enxofre no Solo

Apesar de sua grande importância como elemento essencial à planta, pode-se dizer que pouco se conhece a respeito das formas de enxofre no solo. De um modo geral, admite-se a existência de forma inorgânica e outra orgânica.

A primeira, encontra-se em sua maior parte como sulfatos derivados de minerais como mirabilita, temardita, gesso, glauberita, cainita, antracanita; outras são sulfetos como pirita e marcassita (MALAVOLTA, 1951) e finalmente uma última fração é formada a partir de sulfatos, resultantes do processo de mineralização da matéria orgânica.

O enxofre orgânico encontra-se essencialmente na forma de sulfatos, exceto sob condições anaeróbicas, onde formas reduzidas, particularmente sulfetos, podem predominar (WILLIAMS e STEINBERGS, 1962).

A fração orgânica é geralmente estimada pela diferença entre o enxofre total e o teor de sulfato. (FRENEY *et alii*, 1962; TABATABAI e BREMNER, 1972 b; NEPTUNE *et alii*, 1973). Para os solos do Brasil, coletadas em camadas superficiais, NEPTUNE *et alii* (1975) encontraram o teor de enxofre orgânico variando de 77 a 95% do conteúdo total, enquanto que em solos dos Estados Unidos essa fração chega a 95-99% do total (TABATABAI e BREMNER, 1972 c).

Evidências experimentais mostram que há correlações diretas entre o conteúdo de enxofre orgânico e os teores de carbono e nitrogênio do solo. Assim TABATABAI e BREMNER (1972 c) mostram que as correlações entre teores de enxofre e os níveis de carbono e de nitrogênio foram altamen

te significantes quando consideraram tanto a camada superficial como as camadas mais profundas dos solos. Com base nestas evidências esses autores procuraram estimar a taxa de mineralização do enxofre orgânico do solo partindo da taxa de mineralização do carbono ou do nitrogênio. *FRENEY et alii* (1962) e *SWIFT* (1976) já apresentaram dados sobre esse aspecto, os quais, contudo, não permitiram estabelecer relações simples como as obtidas por *TABATABAI e BREMNER* (1972 c).

Desse modo pode-se admitir que a taxa de mineralização do enxofre orgânico depende do conteúdo de matéria orgânica e do teor de enxofre do solo, além do tipo de composto orgânico onde esse enxofre se encontra, pois diferentes frações de matéria orgânica apresentam taxas de mineralização de enxofre variável. *KOWALENKO e LOWE* (1975) mostraram também os efeitos da temperatura, pH e condições de umidade do solo sobre a taxa de mineralização do enxofre orgânico.

Recentemente com o uso de isótopos tem sido demonstrado que certas frações do enxofre orgânico podem ter importância no processo de mineralização desse elemento (*FRENEY et alii*, 1971; *VAN PRAAG*, 1973).

O fracionamento dessas formas através de processos químicos se apresenta como uma técnica analítica demorada, e no Brasil poucos são os trabalhos realizados. Assim *NEPTUNE et alii* (1975) encontraram que os nossos solos possuem de 20 a 65% do enxofre orgânico na forma de ésteres, 5 a 12% ligados ao carbono e 24 a 59% em formas orgânicas não identificadas.

Quanto ao enxofre do solo, considerado como disponível às

plantas, é constituído pelo: (a) ion sulfato na solução do solo e adsorvido às cargas positivas e (b) pelo enxofre organico que é mineralizado durante o desenvolvimento da cultura (*TABATABAI e BREMNER, 1972c e BETTANY, 1974*). Esses teores de enxofre disponível podem ser avaliados por diversas técnicas, dentre as quais destacam-se as que empregam: (a) soluções extratoras ácidas, alcalinas ou sais neutros; (b) traçadores radiativos e (c) finalmente aqueles que se baseiam no conteúdo de enxofre nos diversos orgãos das plantas. Com relação à primeira técnica, as quantidades extraidas de enxofre variam com a natureza, com a concentração e com a relação solo:solução (*ROBERTS e KOELER, 1968; JONES et alii, 1972*). Desse modo *HOEF et alii (1973)*, trabalhando com 49 solos de Wisconsin e usando seis extratores, encontraram que o teor de enxofre extraído com solução $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ - Ácido acético que extrai da ordem de 3,1 a 18 ppm de enxofre, apresentava melhores correlações com a produção e com os teores de enxofre absorvidos pelas plantas do que as demais soluções extratoras.

Resultados obtidos de um estudo com 13 solos dos Estados Unidos (com pH entre 5,4 a 7,6) nos quais se usou quatro extratores, mostraram que maiores coeficientes de correlação entre produção e conteúdo de enxofre foram obtidos para extratores KH_2PO_4 0,032 M e LiCl 0,1 M. Por outro lado, em estudo realizado com 53 solos norte-americanos (*ROBERTS e KOEHLER, 1968*) evidenciou que o LiCl 0,1 M apresentou-se como melhor extrator para o sulfato do solo.

Trabalhando em alguns solos calcários, *JONES et alii (1972)* revelaram que solução de HCl 0,01 N apresentava-se com o melhor extrator para aqueles solos.

Alguns autores (*ROBERTS e KOEHLER, 1968; TABATABAI e BREMNER, 1972b; WESTERMAN et alii, 1974*) afirmaram que para solos de baixo conteúdo de enxofre e com baixa capacidade de adsorção anionica, a solução $\text{LiCl } 0,1 \text{ M}$ pode ser considerado como o extrator mais representativo.

Pelo exposto, pode-se sugerir que para cada solo, tem-se que eleger uma solução extratora em função das características químicas e físico-químicas desses solos.

Para as regiões brasileiras, não existe ainda uma definição a respeito do extrator de sulfato mais representativo. Tanto assim que a escolha do extrator tem variado de autor para autor. *McCLUNG et alii (1959 a)*, usando solução neutra de acetato de amônio 1 N , verificaram que em solos do Estado de São Paulo o conteúdo de enxofre variou de $1,2$ a $21,7 \text{ ppm}$. Já estudos feitos por *NEPTUNE et alii (1975)* em solos do Brasil, mostraram que solução de 500 ppm P como $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ retira 100% ou mais de enxofre que solução de $\text{LiCl } 0,1 \text{ M}$. Esses autores atribuíram esse fato devido a alta fixação de sulfato pelos nossos solos. De um modo geral o teor de enxofre extraído variou de $1,4$ a $9,8 \text{ ppm}$ e de $4,8$ a $23,3 \text{ ppm}$ para as soluções de cloreto e fosfato, respectivamente. *BATISTA et alii (1976)* por sua vez, verificaram que os solos do Estado de São Paulo cultivados com cana-de-açúcar apresentaram teor de enxofre de 10 a 25 ppm quando extraídos com solução de $\text{HCl } 0,001 \text{ M}$.

O fenômeno de adsorção de sulfato tem sido bem estudado (*ENSMINGER, 1954; WILLIAMS e STEIBERGS, 1962; BORNEMISZA e LLANOS, 1967; BARROW, 1972*), atribuindo-se ao pH e ao conteúdo de fosfato; carbonatos e matéria orgânica como os responsáveis pela adsorção do sulfato ao solo.

Além disso pode-se admitir que os teores de óxidos de ferro, de alumínio e de argila também exercem grandes influências nesses processos, conforme tem sido estabelecido para o fosfato.

Em alguns solos do Brasil, *NEPTUNE et alii* (1975) observaram uma apreciável capacidade de adsorção de sulfatos, a qual variou de 7 a 64 μg de ions por 100 g de solo. Resultados similares foram encontrados por *CATANI et alii* (1971).

Isotermas de adsorção de sulfato obtidos com diversos solos de São Paulo (*ALOISI, 1977*) revelaram que a capacidade de adsorção máxima do solo, é correlacionada com os teores de argila ($r=0,826$), de matéria orgânica ($r=0,811$) e de Fe_2O_3 livre ($r=0,710$); porém baixo coeficiente de correlação foi obtido com os teores de Al_2O_3 ($r=0,378$), concluindo-se, portanto, que nestes solos o teor de argila é o principal fator de retenção de sulfato.

Estudos mais detalhados, realizados por *KINJO e PRAAT (1971)* permitiram identificar dois tipos de cargas fixadoras de anions em solos. Uma permanente, localizada na superfície da caolinita e dos sesquióxidos de ferro e alumínio e uma segunda dependente do pH. Verificaram ainda que as frações iônicas adsorvidas à caolinita são fracamente ligadas e portanto facilmente liberadas. Por outro lado, aquelas adsorvidas aos óxidos de ferro e de alumínio são mais fortemente fixadas e consequentemente menos disponíveis às plantas. De um modo geral, entretanto, o ion sulfato é adsorvido com muito menos intensidade do que o fosfato e portanto há uma forte tendência para a perda do enxofre ligado nas camadas superficiais para às mais profundas do solo. Esses mesmos dados foram

verificados por *TABATABAI e BREMNER (1972 b)*. Porém solos ricos em argila mostram um acúmulo de enxofre nas camadas intermediárias, evidenciando, até certo ponto, uma maior retenção do íon nessas camadas. Estes resultados foram posteriormente também confirmados pelos trabalhos de *KANG e OSINAME (1976)*, os quais estudaram o movimento de sulfato em solos, após quatro meses à aplicação do elemento.

Finalmente *AHMED et alii (1974)* estudando o movimento do sulfato em dois solos, através do emprego de enxofre-35, verificaram que depois de 12 horas da aplicação do íon na superfície, somente 0,68% do sulfato aplicado encontrava-se nessa região enquanto que 49,2% na profundidade de 6,4 a 7,2 cm; para o segundo solo encontraram 1,01% e 70,53% nas duas camadas respectivamente.

3.3. Disponibilidade do Enxofre - Estudo Isotópico

Medidas isotópicas tem sido utilizadas para estimar a disponibilidade de enxofre do solo às plantas. Para tanto, deve-se adicionar um isótopo radiativo do enxofre ao fertilizante, sob a mesma forma química deste e em seguida aplicar o material ao solo. Terminado o período de cultivo, faz-se uma análise química na planta ao mesmo tempo que determina-se o conteúdo isotópico do vegetal.

O enxofre-35 apresenta meia vida de 87 dias e energia média de 0,167 MeV (*STELAN, 1960*) razão pela qual presta-se muito bem para estudos de nutrição de plantas e solos.

O conceito estabelecido por *FRIED e DEAN (1952)*, baseado no fato de que a planta diante de duas fontes nutritivas, como o solo e o fertilizante, absorve o nutriente em proporção direta as suas quantidades disponíveis no solo. Fazendo uma extensão desse princípio, podemos concluir, que quando se aumenta a taxa do fertilizante aplicado ao solo, a quantidade do elemento na planta, proveniente do solo, deve ficar constante. Satisfatorias evidencias experimentais tem sido obtidos, segundo a firma *DEAN (1962)*.

Matematicamente, o princípio da diluição isotópica esta baseado nas seguintes considerações:

- a) a atividade total de um fertilizante marcado é independente da diluição que este passa a sofrer no solo.
- b) a atividade específica do fertilizante é função da diluição que este sofre ao entrar em equilíbrio com o nutriente nativo do solo.

Portanto, a atividade total (A_T) do fertilizante será dada por:

$$A_T = B \cdot S_i \dots\dots\dots (1)$$

onde S_i é a atividade específica do fertilizante marcado (cpm/massa do fertilizante) e B é a quantidade total de fertilizante aplicado.

Desse modo, depois do fertilizante ter sido colocado ao solo e estabelecido o equilíbrio a equação seguinte pode ser usada

$$A_T = (A + B) S_f \dots\dots\dots (2)$$

onde A é a quantidade de nutriente nativo do solo que é diluída no fertilizante aplicado e S_f é a atividade específica da mistura (A + B) no final do processo, e que pode ser mensurada na planta. Portanto, por (1) e (2) pode-se estabelecer que:

$$B \cdot S_i = (A + B) S_f \dots\dots\dots (3)$$

ou

$$A = B \cdot \left(\frac{S_f}{S_i} - 1 \right) \dots\dots\dots (4)$$

A ou "valor A" define a quantidade do nutriente do solo disponível para a planta (*FRIED e DEAN, 1952; LARSEN, 1957*).

O fósforo tem sido o elemento mais estudado nos últimos anos, através do uso de isotópos radiativos. Assim *AMER (1962 e 1969)* verificou que o uso de medidas isotópicas pode erroneamente superestimar o fósforo trocável do solo e este efeito é tanto mais evidente quanto maior for a capacidade de fixação anionica desse solo. Além disso, outros fatores também podem exercer influência sobre os "valores A" obtidos. Assim *NEARPASS et alii (1961), RENNIE e SPRATT (1962), SHONE (1965) e OZBEC (1966)* verificaram que variações no "valor A" são obtidas quando se empregam doses crescentes de fertilizantes, quando se usam técnicas diferentes de aplicação dos fertilizantes e quando se cultivam espécies diferentes de plantas. Porém, de um modo geral, para o enxofre, os "valores A" obtidos para as diversas culturas tem-se mostrado altamente correlacionadas com as produções relativas dos vegetais e com os teores do elemento nas folhas e solos (*NEARPASS et alii, 1961; SUBIAH e VENKATESWARLU, 1965; TABATABAI e*

BREMNER, 1970a; BETTANY et alii, 1974).

3.4. Equilíbrio de Formas Disponíveis de Fósforo e Enxofre no Solo

O equilíbrio fósforo-enxofre, existente no solo, bem como as modificações nele ocorridas pela adição de um desses elementos ou dos dois simultaneamente, pode ser verificado em ensaios rápidos, utilizando plantas testes ou ensaios de incubação.

O equilíbrio existente entre os diferentes nutrientes, presentes nos solos nas formas chamadas "disponíveis", é susceptível de ser modificado pela influência de certos fatores. Assim, a adubação exerce um dos mais importantes papéis nesses equilíbrios (*VAN DEN HENDE e COTTENTE, 1960*).

A dinâmica dos nutrientes no solo é também responsável pelo estabelecimento do equilíbrio entre as formas disponíveis de nutrientes nesse meio. Essa dinâmica no caso do fósforo, depende da ação integrada dos seguintes fatores: "intensidade" (fósforo presente na solução do solo); "quantidade" (correspondente ao fósforo isotopicamente trocável); cinética (responsável pela velocidade de reabastecimento da solução do solo e "difusão" (movimento do íon no solo (Larsen citado por *PICHOT et alii, 1973; SARTORI, 1972; BITTENCOURT e ZAMBELLO, 1975 b*).

Para nossas condições (*ALVAREZ et alii, 1973a*) foi verificado que a aplicação de doses elevadas de fósforo alteram o equilíbrio fósforo-enxofre do solo e conseqüentemente aplicações de compostos contendo

enxofre não necessário para, restabelecer o equilíbrio dos nutrientes no solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Seleção do Solo

Utilizaram-se neste trabalho dois solos que apresentam características físicas e químicas bem diferenciadas e que são representativas das áreas cultivadas com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Desse modo, selecionou-se um Latossol Roxo (LR) e um Podzólico Vermelho amarelo variação Laras (PVls) os quais representam aproximadamente 45% e 15% da área total do Estado cultivada com cana-de-açúcar. Na tabela 1 são apresentadas as características físicas e químicas desses solos.

4.2. Coleta e Preparo dos Solos

A amostra do solo LR foi coletada na Estação Experimental

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos LR e PVls.

	Argila ----- % -----	Fe ₂ O ₃ -----	pH	Ca ----- Eq.mg/ 100g.solo	Mg -----	P -----	K -----	S -----	S - T -----
						----- ppm -----			
LR	48,1	5,13	4,63	2,0	0,6	6,0	26,0	20	281
PVls	11,3	0,63	4,50	2,3	0,4	4,0	49,0	13	107

Fe₂O₃ - Extraído com ditionito de sódio

pH - KCl 1N

Ca - Extraído com KCl 1N

Mg - Extraído com KCl 1N

P - Extraído com H₂SO₄ 0,05N

S - Extraído com HCl 10⁻³N (S-trocável)

S - T - Oxidação alcalina (S-total)

COPERSUCAR — Piracicaba e foi retirada das camadas inferiores do solo, evitando desse modo, excesso de restos culturais. O solo PV1s foi retirado na camada de 20-30 cm, evitando-se a camada orgânica. Este solo foi coletado no município de Santa Bárbara do Oeste. De cada amostra retiraram-se aproximadamente 2.000 Kg, que depois de secas, detorroados e peneirados foram colocadas em vasos plásticos de 20 Kg.

4.3. Tratamentos

Foram adotados três níveis de nitrogênio e de fósforo (I, II e III) e em cada nível aplicou-se cinco doses de enxofre, de tal modo que em todas as relações N/S e P/S permaneceram constantes, obtendo-se assim um total de quinze tratamentos, com quatro repetições para cada solo. (Tabela 2).

Para cálculo da dose de fertilizante, equivalente à superfície física de um hectare, considerou-se uma profundidade efetiva de 30 cm com uma densidade global de 1,5.

O fósforo foi fornecido na forma de fosfato diamônico (PAP) e o nitrogênio foi complementado com uréia. O enxofre foi aplicado na forma de gesso comercial (14,2% S) e os teores de cálcio foram homogeneizados nos diversos tratamentos através da aplicação de carbonato de cálcio. Foram fornecidas doses constantes em todos os tratamentos de:

Potássio - 200 Kg/ha (KCl)

Magnésio - 50 Kg/ha (MgCO₃)

Tabela 2 - Níveis de N, P e S e as respectivas relações S/N + P empregadas nos diversos tratamentos.

Tratamentos	N ----- kg/ha	P ----- kg/ha	S ----- kg/ha	Relação S/N + P	Nível de ferti- lidade
1	200	100	0	a	
2	200	100	25	b	
3	200	100	33	c	I
4	200	100	50	d	
5	200	100	100	e	
6	300	150	0	a	
7	300	150	37	b	
8	300	150	50	c	II
9	300	150	75	d	
10	300	150	150	e	
11	400	200	0	a	
12	400	200	50	b	
13	400	200	67	c	III
14	400	200	100	d	
15	400	200	200	e	

Cobre - 4 Kg/ha (CuCl_2)
Zinco - 2 Kg/ha (ZnCl_2)
Boro - 2 Kg/ha (Borax).

4.4. "Incubação" dos Fertilizantes.

O nitrogênio, fósforo, cálcio, potássio e parte do enxofre (exceto o enxofre radiativo) foram incorporados aos solos, em agitador rotativo e posteriormente colocados nos vasos. Depois de umedecidos foram postos para "incubação" em ambiente de sombra, por um período de 40 dias.

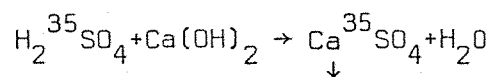
4.5. Preparo das Mudanças.

Foram coletados colmos de cana-de-açúcar em viveiros de variedade NA-5679 os quais foram plantados com toletes que sofreram um prévio tratamento térmico, a fim de evitar a incidência de "raquitismo". As gemas dos colmos foram retiradas com o "nó" e postos para germinar em caixas de madeira contendo torta de filtro decomposta. Foram colocadas 30 "gemas" por caixa totalizando 10 caixas. Estas foram colocadas em casa de vegetação com umidade, temperatura e irrigação controladas, por um período de 16 dias. Após esse tempo foram selecionadas as "plantulas" mais vigorosas e que foram transportadas para os respectivos vasos.

4.6. Traçador Radioativo.

O enxofre-35 (^{35}S) é emissor beta negativo e com meia vida de 87 dias. Devidas suas características de meia vida, pode ser usado em experimentos de longa duração dependendo logicamente da atividade inicialmente aplicada e das características do sistema detector.

Para o presente trabalho partiu-se de 30 mCi de ^{35}S na forma de $\text{H}_2^{35}\text{SO}_4$. Este material foi transferido para copo contendo solução do mesmo ácido. Em seguida procedeu-se titulação do material com hidróxido de cálcio, utilizando um potenciômetro devidamente calibrado como indicador de viragem da reação.



Para obter-se uma maior insolubilização do precipitado de $\text{Ca}^{35}\text{SO}_4$, adicionaram-se ao sistema 5 ml de álcool etílico. O $\text{Ca}^{35}\text{SO}_4$ foi então seco em estufa a 105°C e posteriormente triturado.

Em uma das repetições de cada tratamento, exceto nos tratamentos sem enxofre, foram aplicados 0,57 g de CaSO_4 marcado e complementado com gesso comercial. Desse modo cada vaso marcado ficou com aproximadamente 1,20 mCi de enxofre-35, uniformemente distribuídos.

A aplicação do material radiativo foi feita dois dias antes do transplante das mudas.

4.7. Condução do Experimento.

Os vasos contendo uma planta foram distribuídos ao acaso em uma casa-de-vegetação.

A temperatura do ambiente foi controlada entre 25 a 30°C. Inicialmente, enquanto as plantas estavam pequenas as irrigações foram controladas automaticamente por um sistema de aspersão. Posteriormente estas foram substituídas por irrigações manuais. Manteve-se a umidade do solo entre 60 e 80% da capacidade total de armazenamento de água do solo.

4.8. Aplicação dos Micronutrientes.

O cobre, zinco e boro foram aplicados aos vasos na forma de solução, sendo que esta operação iniciou-se 15 dias após o plantio e cada micronutriente foi adicionado individualmente em intervalos de 3 dias entre as aplicações.

Durante o decorrer do experimento, sintomas visuais de deficiência de boro foram observados. A correção foi feita com três aplicações foliares semanais com solução de tetraborato de sódio, contendo 10 ppm de boro.

4.9 Coleta do Experimento.

Decorridos 140 dias após o transplante, procedeu-se à coleta da parte aérea das plantas. Para tanto cortaram-se os colmos ao nível

vel do solo e em seguida procedeu-se uma pesagem de cada parte individualmente das plantas. Neste trabalho denominou-se "folhas" o conjunto de limbo, bainha e os ápices dos colmos.

4.10. Preparo das Amostras de Plantas.

Os colmos logo após o corte foram pré-triturados e depois de bem homogeneizados retiraram-se amostras as quais eram novamente pesadas e levadas à estufa a 75°C. As folhas não sofreram pré-trituração, sendo portanto levadas diretamente à estufa. Decorridos seis dias o material foi retirado da estufa e pesado, obtendo-se assim, os pesos secos dos materiais vegetais.

4.11. Preparo das Amostras de Solos.

Após a colheita do experimento, quando os solos dos vasos perderam boa parte de sua umidade, iniciou-se a coleta das amostras. Para tanto separou-se o sistema radicular principal e em seguida homogeneizou-se o solo restante, coletando-se aproximadamente 1 Kg por vaso. As amostras foram secas ao ar e em seguida em peneiras de 1 mm.

Para os vasos que receberam ^{35}S procedeu-se de acordo com a técnica anteriormente descrita.

4.12. Contagem do Enxofre-35 no Material Vegetal.

A digestão nítrica-perclórica foi feita em 1 g do material, sendo que o extrato obtido foi diluído à 50 ml. Em seguida tomou-se 1 ml da solução e colocou-se em frasco de cintilação líquida de Bray. Foram feitas duas repetições de cada amostra, com tempo de contagem de cinco minutos em contador específico.

4.13. Padronização das Amostras Radioativas.

A padronização das contagens das amostras radiativas foi feita pelo método de relação de canais (*NASCIMENTO, 1975*).

Usou-se a mesma metodologia empregada na padronização do carbono-14, uma vez que a energia da radiação beta do ^{35}S é praticamente igual àquela do ^{14}C . Foi feita uma contagem integral (0-1000, canal A) e uma contagem em "plug" de 0-300 (canal B) e a relação de canal "R" foi dada pela contagem em A/contagem em B.

Para preparação da curva padrão colocou-se 0,2 ml de soluçao de $\text{Ca}^{35}\text{SO}_4$ (0,1 g $\text{Ca}^{35}\text{SO}_4/\ell$) em frasco de cintilação contendo 10 ml de solução cintiladora *Bray*. Como agente de "quenching" utilizou-se um extrato nítrico-perclórico de planta e foram aplicadas doses de 0,0;0,2 ; 0,4;0,6;0,8;1,0;1,5 e 2,0 ml de extrato nos frascos de contagem. Esses padrões foram contados nos canais A e B por cinco minutos. Partindo-se desses dados de contagem, traçou-se a curva padrão.

4.14. Análises Químicas das Plantas

O fósforo foi analisado em extrato nítrico-perclórico pelo método convencional de colorimetria através do reagente sulfo-molibídico. O nitrogênio foi determinado em extrato de água oxigenada em autoanalisador e o enxofre em extrato nítrico-perclórico e analisado por turbidimetria em fluxo contínuo. (*KRUG et alii*, 1977).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Absorção de Enxofre ³

Os dados relativos a absorção de enxofre pela cana-de-açúcar, em função dos níveis de enxofre, nitrogênio e fósforo (níveis I, II e III) aplicados e das relações S/N+P (a, b, c, d e e), são apresentadas nas Figs. 1 (A e B) e 2 (A e B).

Observa-se que a absorção de enxofre pelas folhas e colmos da gramínea é influenciada tanto pelas quantidades de fertilizantes como pelas relações de nutrientes aplicadas aos solos. Assim, para o solo PV1s (Figs. 1.A e 2.A) houve um aumento significativo, ao nível de 1% (ver apêndice), no teor de enxofre nas folhas e colmos, para os tratamentos que receberam o mesmo nível de fertilização, porém com relações S/N+P diferentes. O máximo de absorção do enxofre nas folhas neste solo ocorreu para a rela-

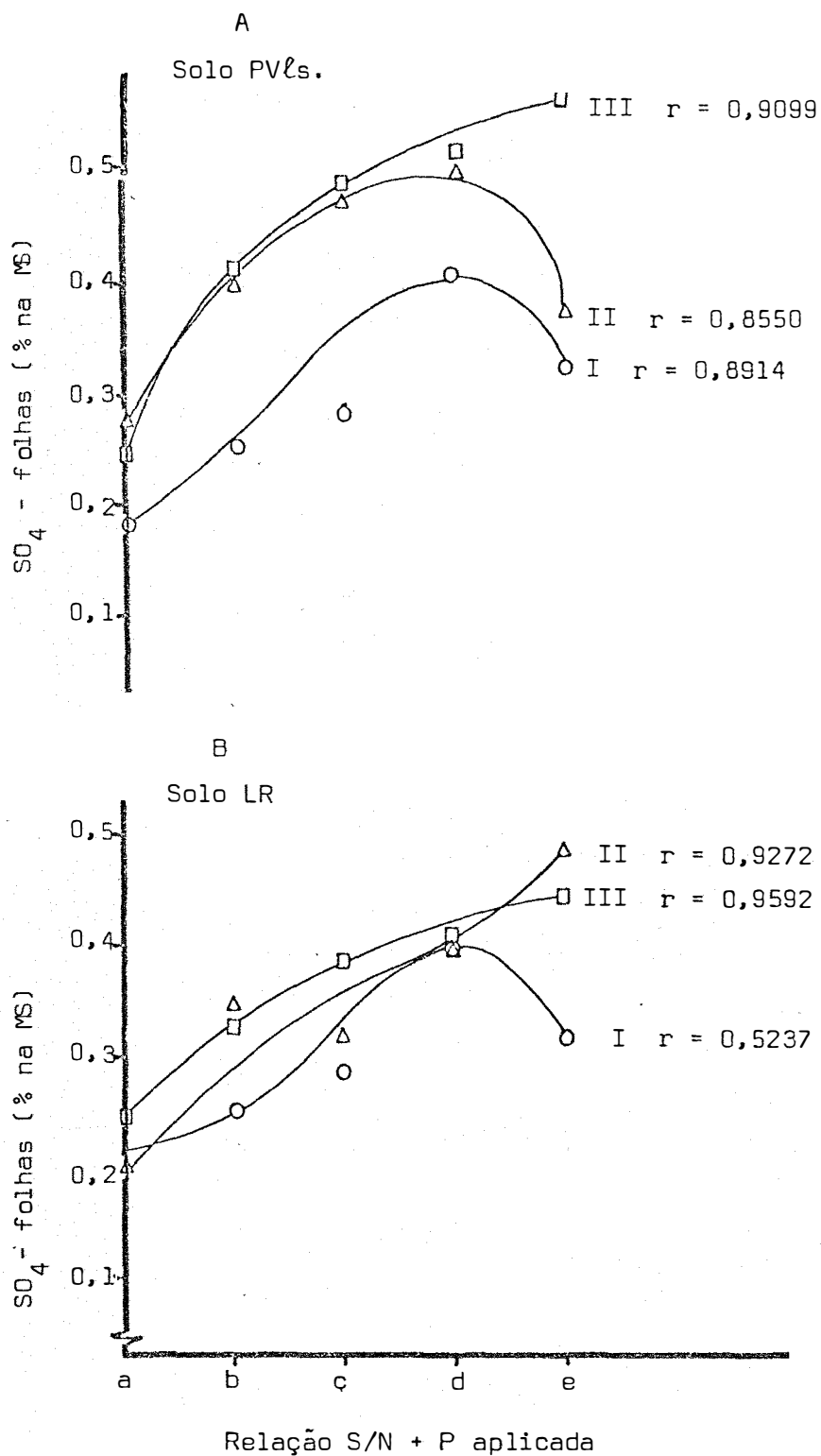


Fig. 1 - Teores de enxofre nas folhas de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilização (I, II e III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

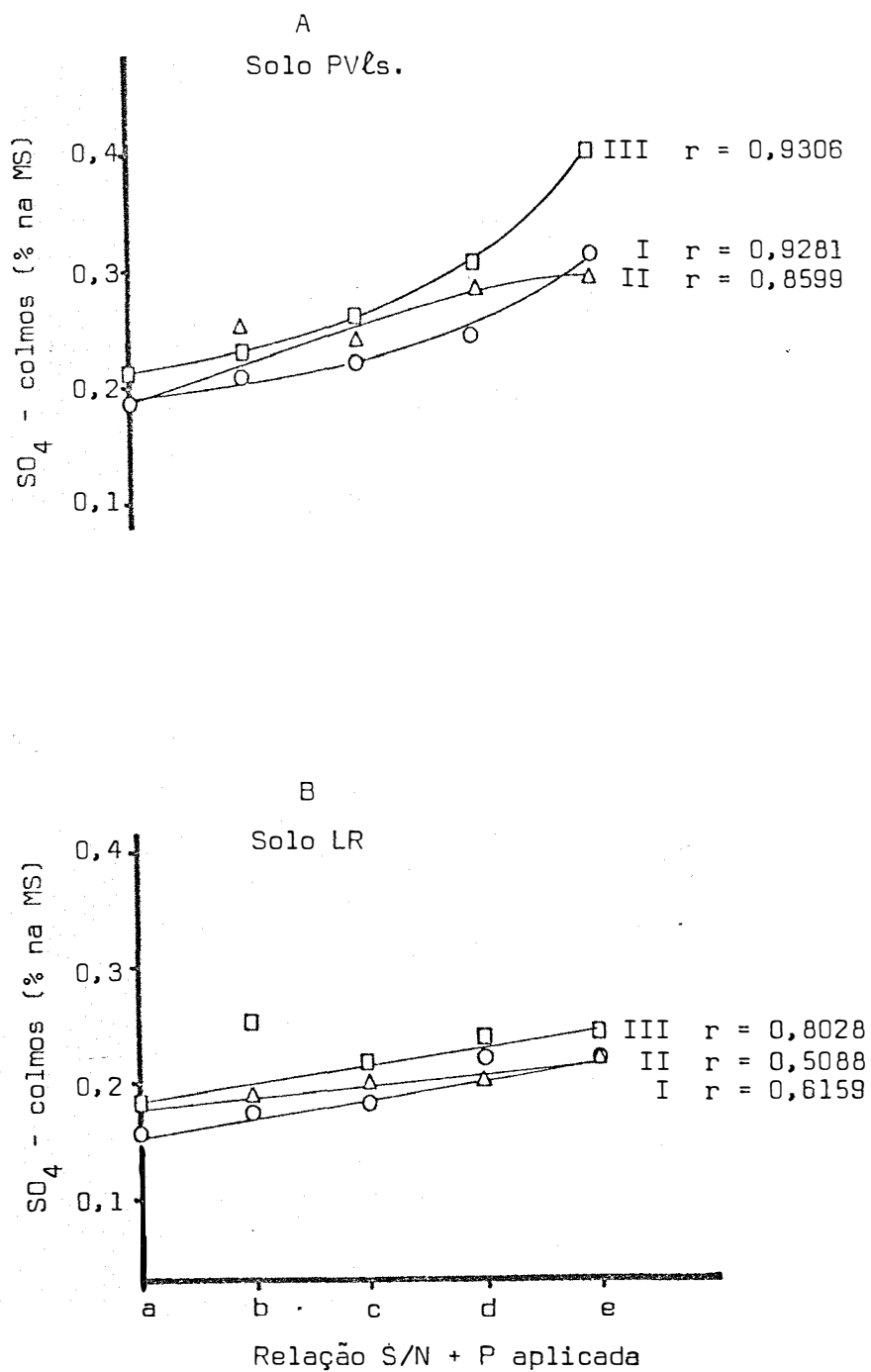


Fig. 2 - Teores de enxofre nas colmos de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilizantes (I, II e III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

ção d nos níveis I e II de fertilizante e para o nível III ocorreu na relação e. De um modo geral o conteúdo de enxofre na planta, para a relação a mostrou-se significativamente inferior às demais relações. Nos colmos o conteúdo máximo de enxofre evidenciou-se na relação e para todos os níveis de fertilizantes empregados. No entanto, comparando-se os resultados de absorção de enxofre pelas folhas com aqueles dos colmos verifica-se que as diferenças são mais intensas nas folhas. Este fato evidencia a superioridade das folhas sobre os colmos na descrição dos níveis de enxofre para fins de diagnose. Assim, esses dados concordam com os estudos descritos por GALLO *et alli* (1968) que usaram a técnica da diagnose foliar para caracterizar as áreas deficientes em enxofre nos canaviais do Estado de São Paulo.

Para o solo LR, a absorção de enxofre pelas folhas processou-se de maneira quase semelhante a apresentada no PVls. No entanto, apenas no nível I o máximo de absorção pelas folhas foi alcançado (relação d), havendo nos demais níveis uma tendência sempre crescente de absorção de enxofre com as relações S/M + P (Fig. 1.B). Nos colmos (Fig. 2.B) por sua vez, houve uma tendência de crescimento linear na absorção de enxofre em função das relações S/N + P, sem no entanto apresentar diferenças significativas (Ver apêndice), mostrando mais uma vez que as folhas refletem melhor o estado nutricional da cultura em questão e a disponibilidade do nutriente no solo (GALLO e SOARES, 1963).

De um modo geral a absorção total de enxofre pela cana-de-açúcar foi maior no LR do que no PVls. Esta tendência de superioridade pode estar relacionada com o nível de fertilidade dos solos, pois, sendo o LR um solo de melhor qualidades contribuirá com uma maior porção na absorção de enxofre pela cultura. Esses dados estão, até certo ponto de acordo com os obtidos por FOX (1976) que encontrou um valor para $r = 0,95^{**}$ entre produção e teor enxofre nas folhas de cana-de-açúcar.

5.2. Absorção de Nitrogênio

O efeito dos vários tratamentos sobre os teores de N nas folhas e colmos da cana-de-açúcar, cultivada nos dois solos, são apresentados nas Figs. 3 (A e B) e 4 (A e B).

Para os dois solos estudados houve um aumento bastante acentuado de nitrogênio nas folhas e colmos, do nível I para o nível II de fertilizante, sendo este aumento menos intenso do nível II ao III. Isto pode evidenciar que no nível III, o qual corresponde a 400 kg N/ha, há talvez um excesso de nitrogênio prejudicando parcialmente a absorção desse elemento pela planta. Fato este também evidenciado por AULAKH *et alii* (1976) em alfafa.

Para o solo PVls (Figs. 3.A e 4.A) verifica-se que tanto nas folhas como nos colmos, no nível I de fertilizante, há uma

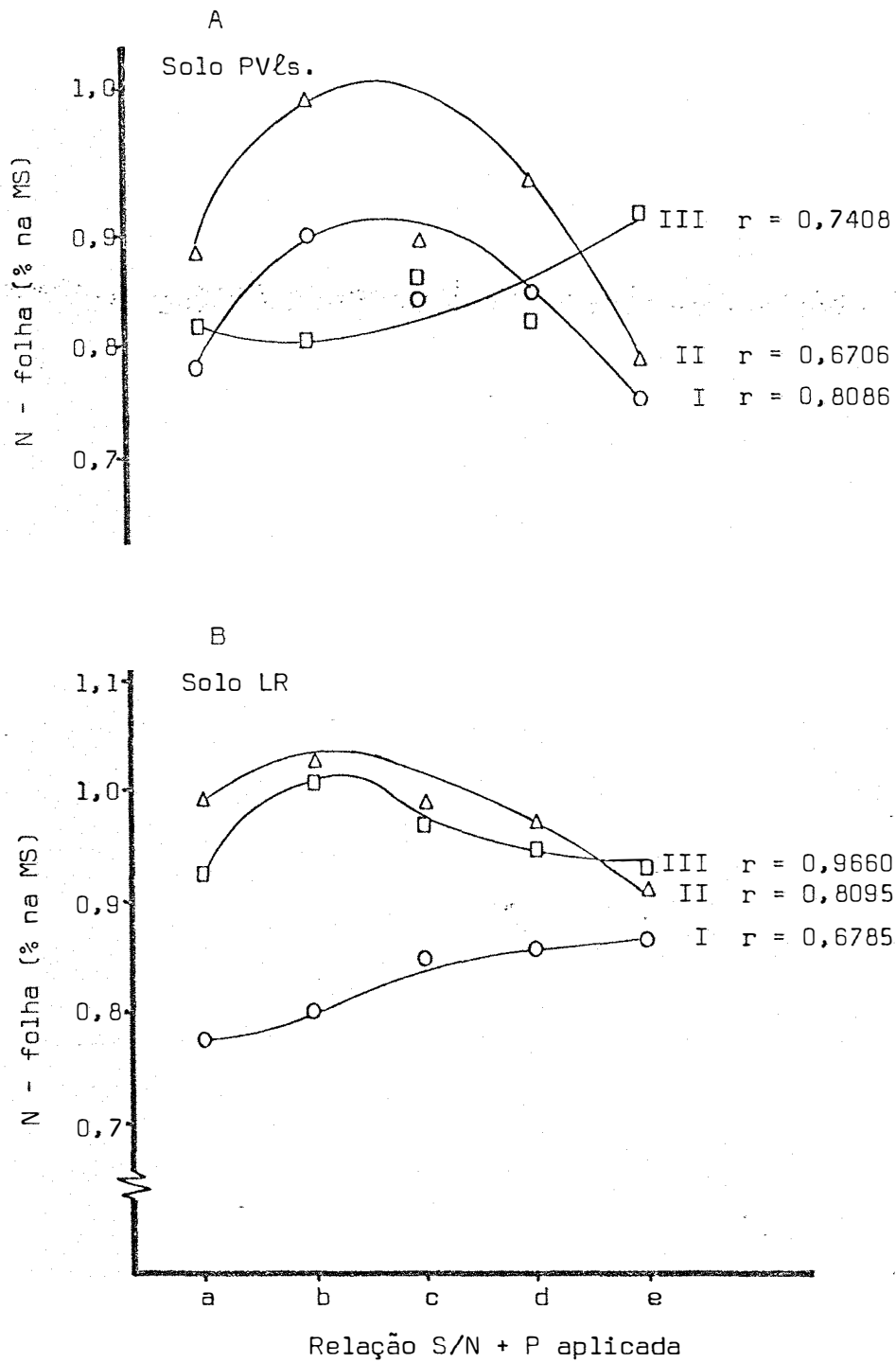


Fig. 3 - Teores de nitrogênio nas folhas de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilização (I,II, III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

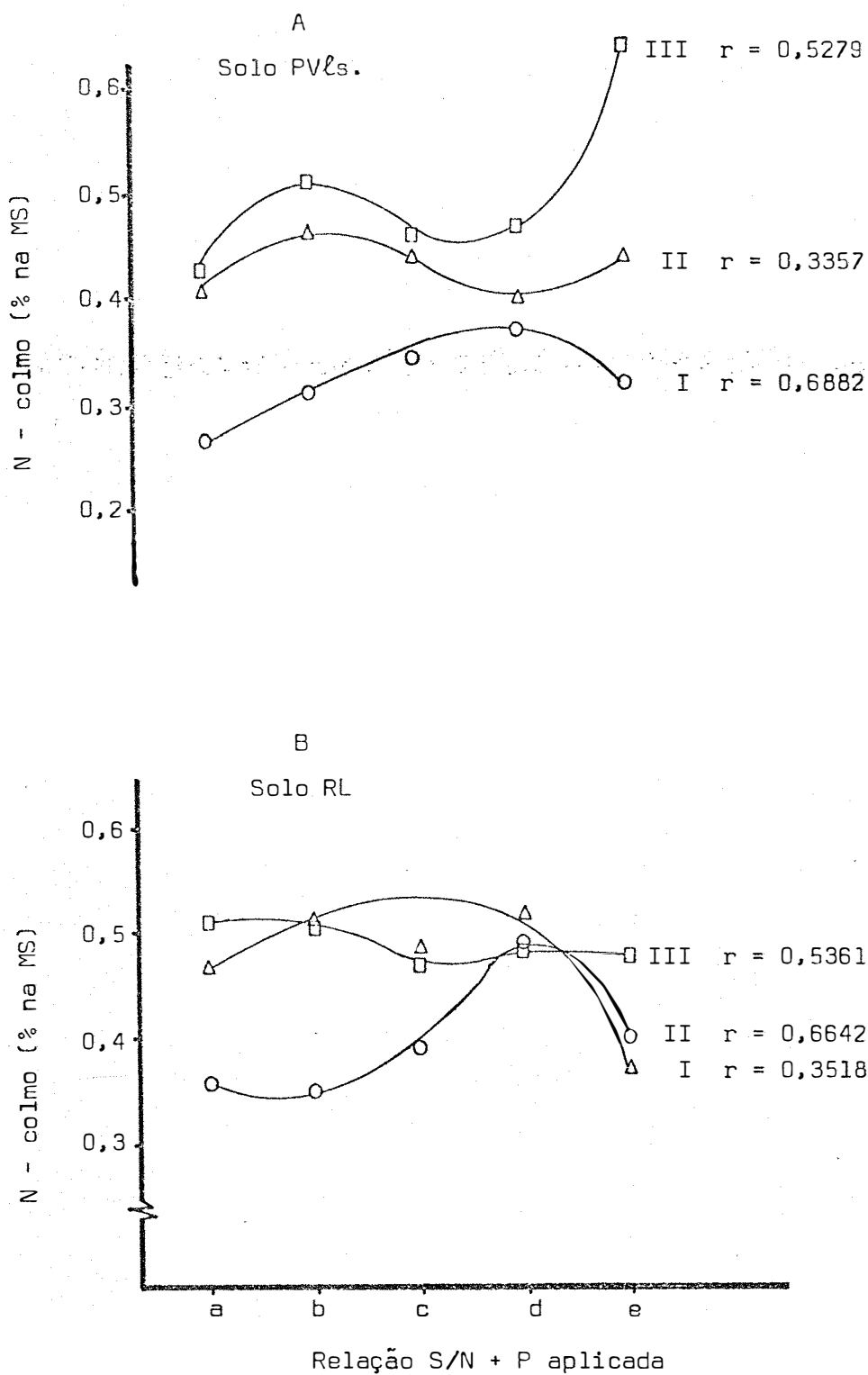


Fig. 4 - Teores de nitrogênio nos colmos de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilização (I,II, III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

tendência de aumento no teor de nitrogênio com as relações S/N + P, sem no entanto atingir um máximo. Para os níveis II e III, um ponto máximo de absorção de nitrogênio é atingido na relação c nas folhas e entre b e c nos colmos.

No Latossol Roxo, fato semelhante ao PV1s ocorre no nível I, no entanto no II e III o máximo ocorre na relação b para as folhas e colmos (Figs. 3 B e 4 B).

Pelos dados apresentados, vê-se que a absorção de nitrogênio pela cana-de-açúcar é limitada pela disponibilidade de enxofre, o que evidencia a necessidade do conhecimento das relações N/S ótimas a serem aplicadas aos solos. Evidências similares são apresentadas por WOODHOUSE (1968) e JONES *et alii* (1972).

5.3. Absorção de Fósforo

Os teores de fósforo nas folhas e colmos da cana-de-açúcar, nos dois solos, são apresentadas nas Figs. 5 (A e B) e 6 (A e B).

Nos dois solos, tanto para as folhas como para os colmos, não se verifica diferenças significativas entre os diversos tratamentos com respeito a absorção de fósforo (ver apêndice). No entanto há uma tendência de uma maior absorção de fósforo, a proporção que se eleva o nível de fertilizante. Por outro la-

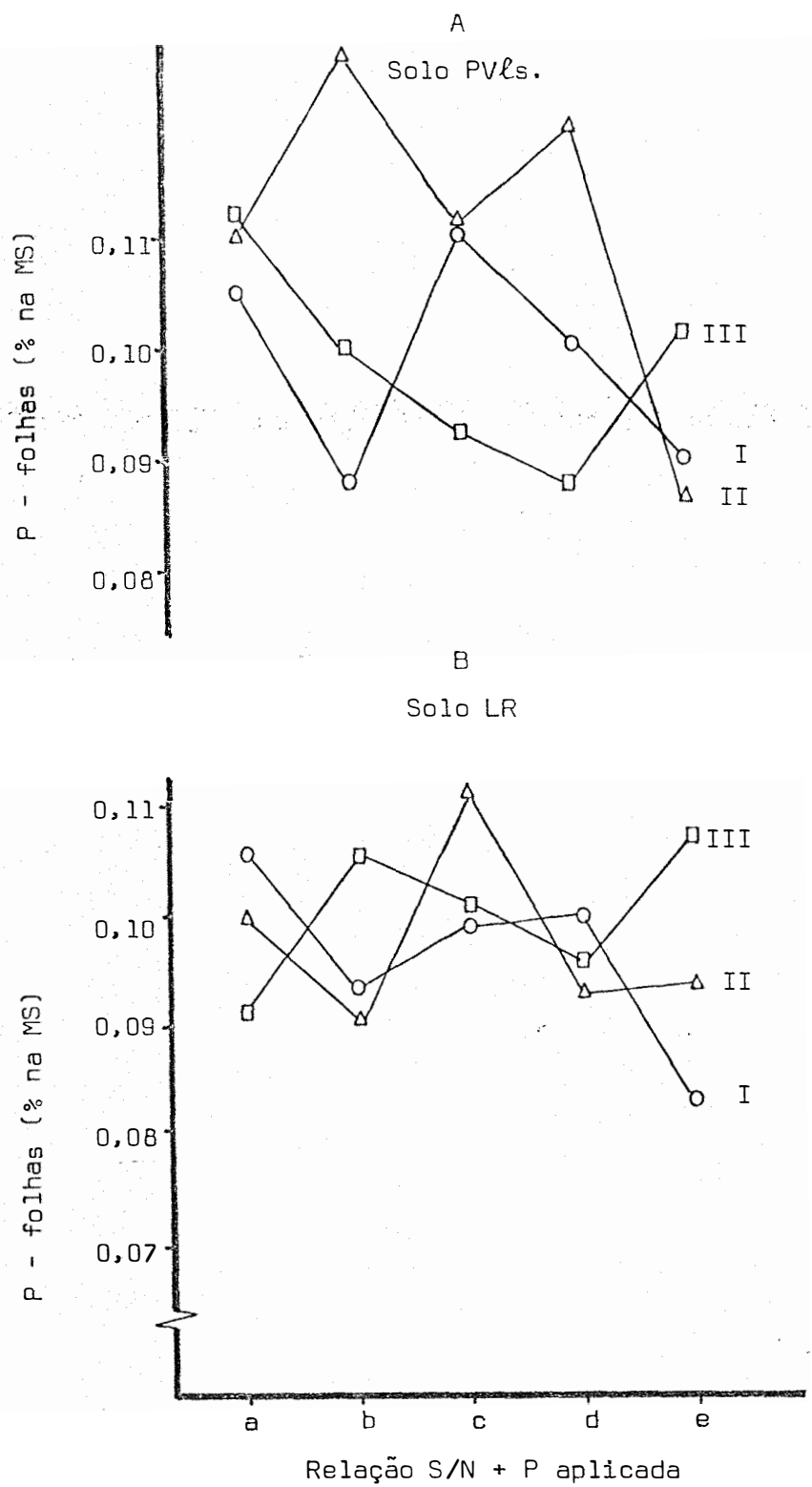


Fig. 5 - Teores de fósforo nas folhas de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilização (I, II, III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

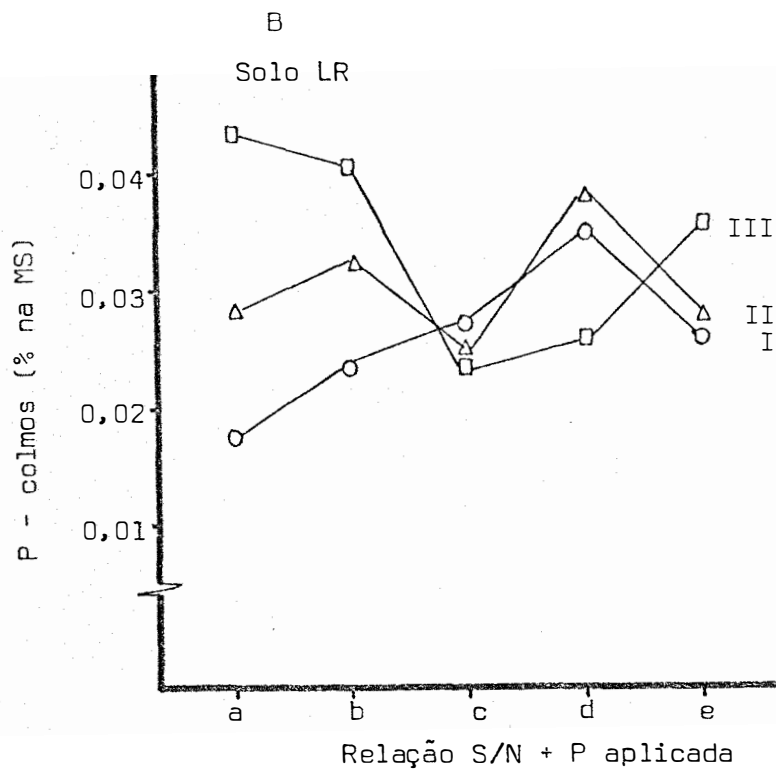
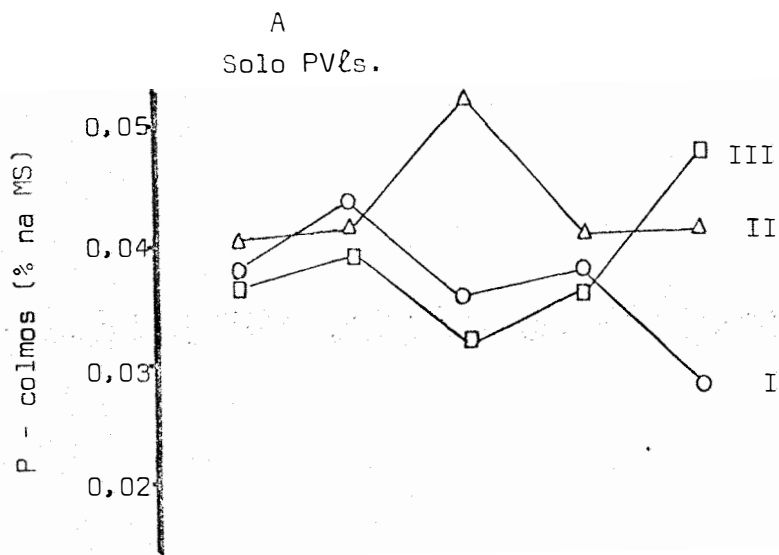


Fig. 6 - Teores de fósforo nos colmos de cana-de-açúcar cultivadas em PVls. (A) e LR (B) com diferentes níveis de fertilização (I, II, III) e várias relações S/N + P (a, b, c, d, e).

do, verifica-se que não existe realmente nenhuma tendência perfeitamente definida da absorção de fósforo pelas folhas e colmos em função das relações $S/N + P$, o que até certo ponto mostra a dificuldade em se fazer interpretações foliares com relação a esse elemento, pois diversos fatores devem exercer influência sobre seu conteúdo na planta (ENSMINGER e FRENEY, 1966). Em um experimento conduzido com cana-de-açúcar, GOLDEN (1971) verificou que o conteúdo de fósforo na planta tende a crescer quando se eleva o nível desse elemento no solo, sem no entanto encontrar nenhuma correlação entre conteúdo de fósforo na folha e o nível de enxofre aplicado ao solo, o que concorda plenamente com os dados aqui apresentados.

5.4. Produção de Colmos

Os valores médios (4 repetições) dos pesos de colmos frescos nos diversos tratamentos são apresentados nas Tabelas A-11 e A-12 (apêndice).

Para todos os dois solos verifica-se diferenças significativas na produção de colmos entre os níveis de fertilizantes (Teste F). Por outro lado, não foi evidenciado para os dois solos, diferenças significativas na produção entre as diversas relações $S/N + P$ empregadas (apêndice A-11 e A-12).

A Fig. 7 (A e B) mostra que maiores valores de produção são conseguidos com os níveis mais elevados de nutrientes (N e P) nos dois solos. É também notado uma influência na produção devido a aplicação de enxofre, havendo uma tendência da produção máxima aparecer entre as relações c e d, com aumentos de 7 a 10% quando comparados aos valores da relação a. Resultados semelhantes são mostrados por FREIRE *et alii* (1974), OSINAME e KANG, 1975 e KANG e OSINAME, 1976 em trabalhos realizados com outras gramíneas. Também observa-se que no nível III de fertilizante houve melhores respostas da cultura ao enxofre o que significa que os efeitos desse nutriente aplicado ao solo são mais sensíveis quando a disponibilidade de nitrogênio e fósforo são elevadas (WALLIHAN e SHARPLESS, 1974).

Comparando-se as produções de colmos nos solos LR e PVls, nos diversos tratamentos, observa-se que maiores pesos de colmos foram obtidos no primeiro. Isto evidencia a melhor fertilidade do Latossol Roxo. Apesar disso, pode-se ainda considerar esse solo como deficiente em enxofre para a cana-de-açúcar, principalmente quando se aplicam níveis elevados de nitrogênio e de fósforo. Desse modo podemos encarar o enxofre como um elemento necessário na fertilização de cana-de-açúcar (DUTT, 1962; BONNET, 1965; SEDL, 1968 e FOX, 1976).

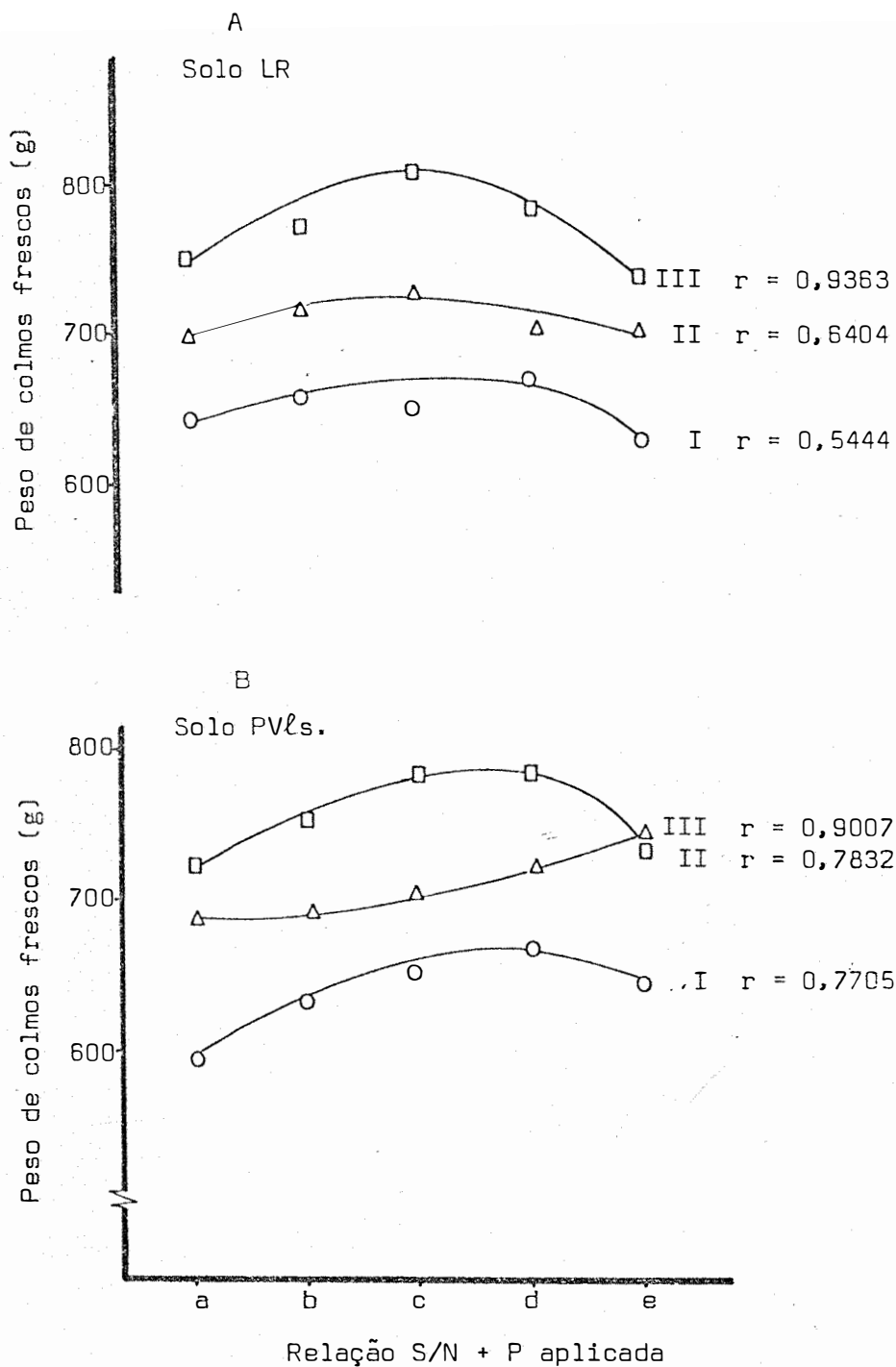


Fig. 7 - Efeito das relações S/N + P (a, b, c, d, e) e dos níveis de fertilização aplicados (I, II, III) na produção de colmos frescos de cana-de-açúcar cultivada em solos LR (A) e PVls. (B).

5.5. Relação N/S na Planta

As relações N/S encontradas nas folhas, para os dois solos, em função das relações S/N + P aplicadas são mostradas na Fig. 8 (A e B).

Nos dois solos nota-se que para o mesmo nível de fertilizante há uma diminuição na relação S/N + P aplicada ao solo. Isto evidencia que o aumento da disponibilidade de enxofre provoca uma diminuição relativa na absorção de nitrogênio pela cana-de-açúcar. Fato este já esperado e comprovado na literatura (MARTIN e VALKER, 1966 ; WOODHOUSE, 1968 ; WALKER, 1974 e FOX, 1976).

Quanto ao comportamento da relação N/S nos diferentes níveis de fertilizantes verifica-se que no solo PVls há um decréscimo naquela relação do nível I ao II e deste ao nível III. No LR não se verifica tal escala de valores.

No PVls a relação N/S nas folhas variou de 4,74 a 12,48 , enquanto que no LR variou de 5,61 a 14,76.

Diversos autores tem procurado estabelecer as necessidades de nitrogênio e de enxofre das culturas pela relação N/S encontrada na planta. Assim FOX (1976) determinou que na cana-de-açúcar uma razão N/S inferior a 10 significa um excesso de enxofre e deficiência de nitrogênio, o inverso ocorrendo quando a relação N/S for superior a 15 . No nosso estudo a relação N/S não atingiu estes valores, devido ao baixo conteúdo de nitrogênio (a-

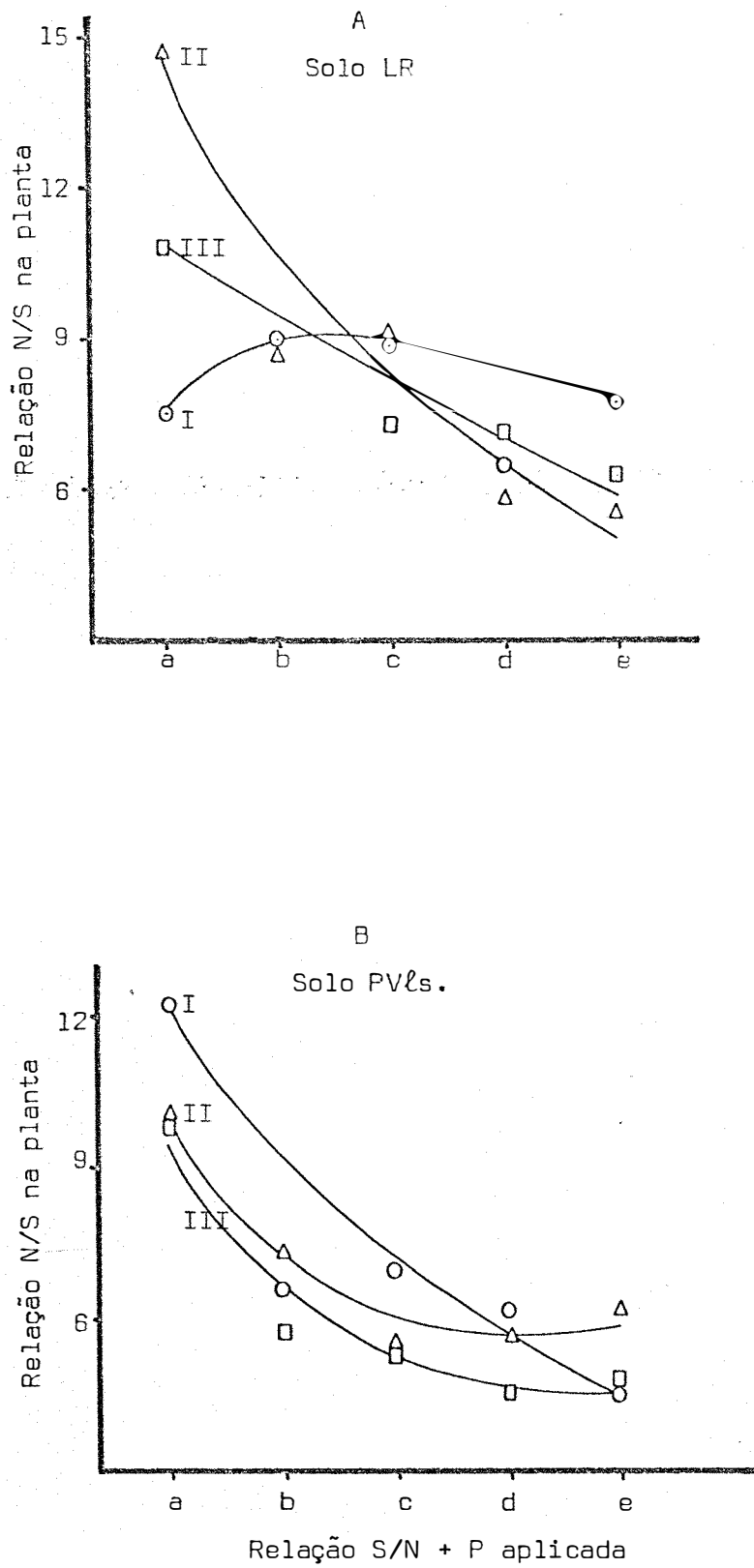


Fig. 8 - Efeito das relações S/N + P (a, b, c, d, e) e dos níveis de fertilização (I, II, III) aplicados aos solos LR (A) e PVls. (B), na relação N/S da planta.

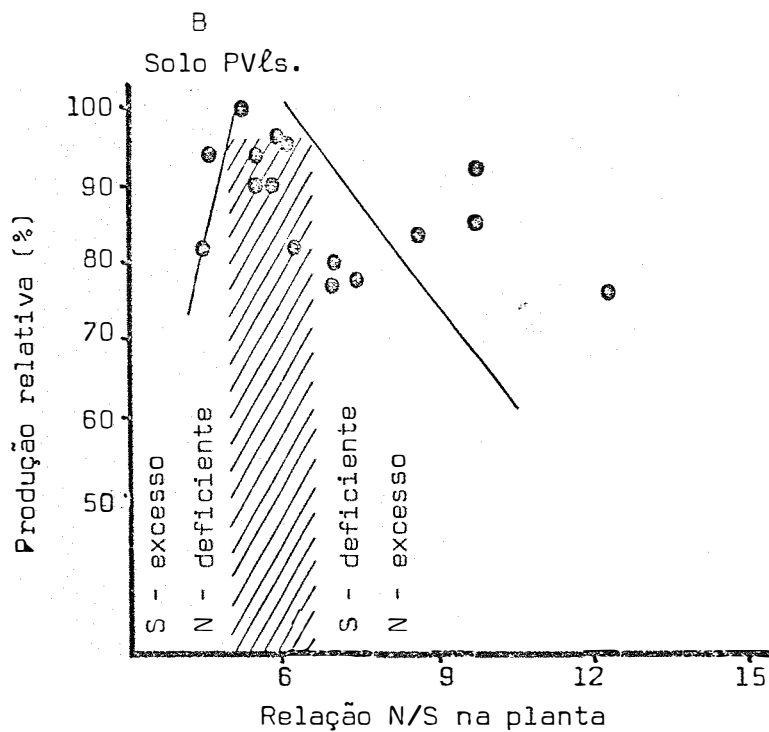
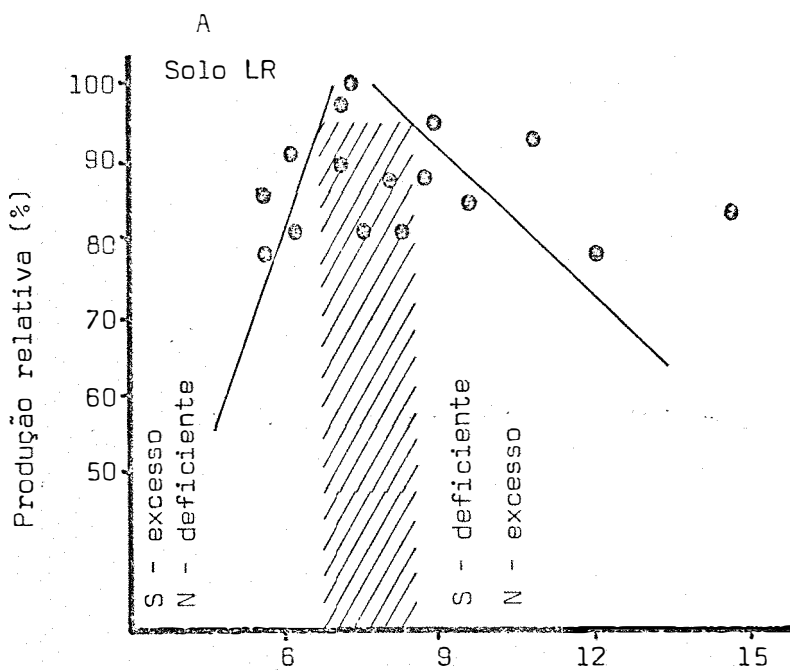


Fig. 9 - Efeito da produção relativa de cana-de-açúcar na relação N/S da planta. Solo LR (A) e PVls. (B).

pêndice A-5 e A-6) e alto teor de enxofre (apêndice A-1 a A-4), motivado talvez pelas condições especiais de cultivo da planta. Determinou-se que no LR o valor ótimo da relação N/S esta entre 6,6 e 8,4 e no PVls entre 5,2 e 6,8 (Fig. 9 A e B), o que, todavia, não combina com os dados apresentados por FOX (1976) que estabeleceu a razão N/S ótima para a cana-de-açúcar como sendo entre 10 a 15.

5.6. Relação P/S na Planta

As relações P/S nas folhas da cana-de-açúcar são apresentadas na Fig. 10 (A e B).

Verifica-se que nos dois solos e para os mesmos níveis de fertilizantes (N e P) há uma diminuição na relação P/S da planta, quando se eleva a relação S/N+P no solo, mostrando, portanto, que uma maior disponibilidade de enxofre no solo atua em deprimen- to da absorção de fósforo. GOLOEN (1971) também verificou o efeito negativo do enxofre na absorção de fósforo pela cana-de-açúcar, no entanto, não constatou nenhum efeito expressivo do fósforo sobre a absorção do enxofre.

Quanto ao comportamento da relação P/S entre os níveis de fertilizantes, este é semelhante ao da relação N/S, isto é, no PVls os valores tendem a decrescerem do nível I ao II e deste ao III, o mesmo não se verificando no LR. Tais diferenças de com -

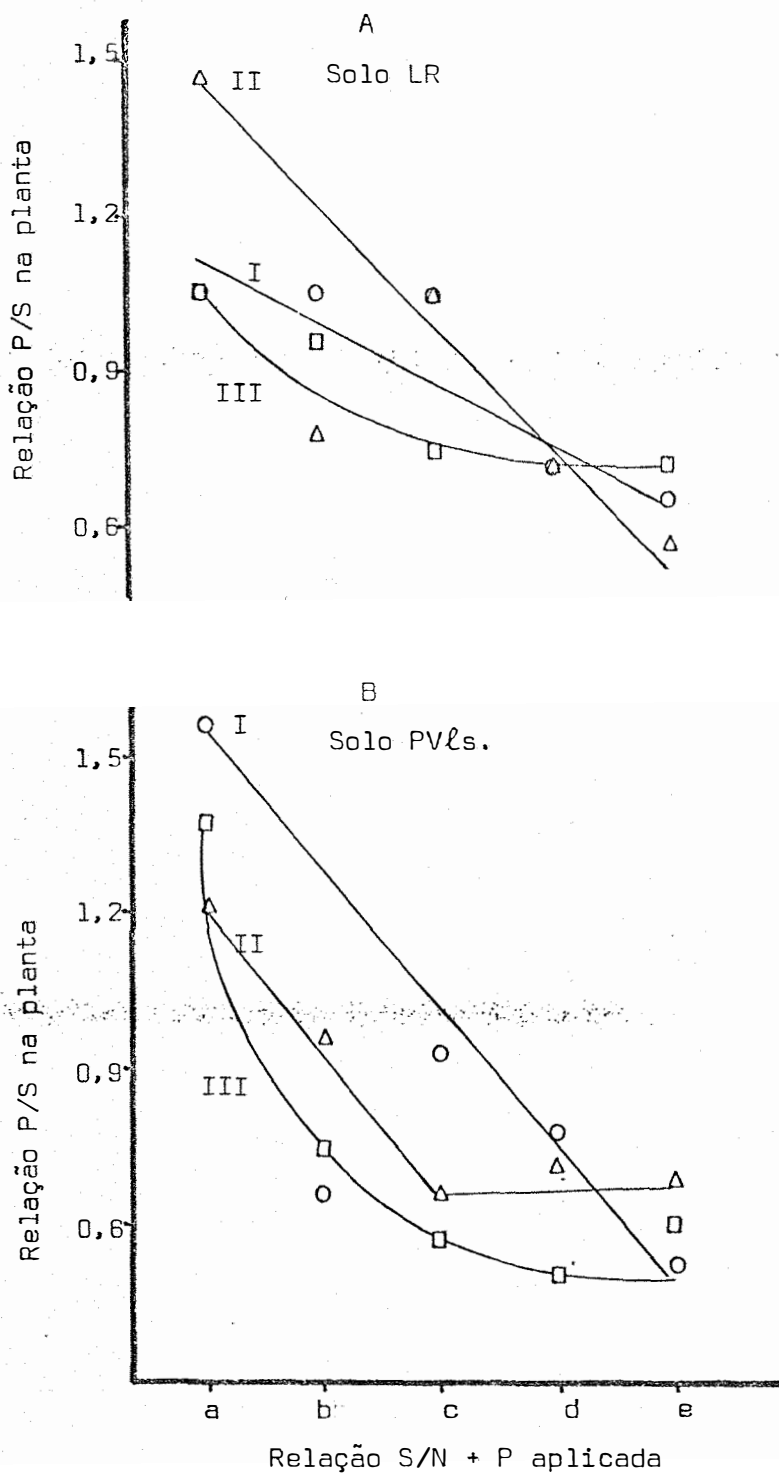


Fig. 10 - Efeito das relações S/N + P (a, b, c, d, e) e dos níveis de fertilização (I, II, III) aplicados aos solos LR (A) e PVls. (B), na relação P/S da planta.

portamento podem ser aludidas ao fato de que o LR sendo um solo de maior fertilidade e com condições de equilíbrio fósforo-enxofre mais estáveis (ALVAREZ *et alii* , 1976.a), pode-se admitir que nas condições do experimento essas relações não foram alteradas significativamente.

5.7 - Disponibilidade de Enxofre - "Valor - A"

Os valores da atividade específica do enxofre-35 nas folhas e colmos são apresentadas nas Tabelas 3.a e 3.b. Verifica-se que ocorre uma maior atividade do ^{35}S nos colmos do que nas folhas, mostrando que durante o processo de translocação do enxofre na planta, houve um fracionamento isotópico $^{35}\text{S} / ^{32}\text{S}$, favorecendo uma maior velocidade de movimento do ^{32}S , em detrimento do enxofre - 35. Fatos similares são mostrados por BOWEN (1966), o qual atribui que o fenômeno do fracionamento isotópico, nas plantas, é devido às diferenças de massas dos dois isótopos, e estabeleceu que fisicamente este fenômeno é função da raiz quadrada do inverso das massas dos isótopos.

Quanto a disponibilidade do enxofre dos solos para a cana-de-açúcar (valor - A) , é mostrado que o valor - A para o enxofre varia com os níveis desse nutriente e do fósforo aplicados aos solos, indicando uma aparente incoerência com o princípio da

Tabela 3a - Atividades específicas do ^{35}S no colmo e folhas e o valor-A médio nos diversos tratamentos. Solo PVls.

Tratamentos	Sa	Sc	Sf	1	2
	-----	Cont./g.S.min.	-----	Valor-A	% Valor-A
				kgS/ha	
1	-	-	-	-	-
2	21,678.10 ⁸	2,861.10 ⁸	1,926.10 ⁸	164,4	37
3	16,240.10 ⁸	2,778.10 ⁸	2,461.10 ⁸	173,1	39
4	10,839.10 ⁸	1,949.10 ⁸	1,630.10 ⁸	252,7	57
5	5,418.10 ⁸	1,038.10 ⁸	1,112.10 ⁸	440,1	100
6	-	-	-	-	-
7	14,448.10 ⁸	2,155.10 ⁸	1,463.10 ⁸	261,9	50
8	10,839.10 ⁸	2,088.10 ⁸	1,183.10 ⁸	291,9	55
9	7,226.10 ⁸	1,320.10 ⁸	0,556.10 ⁸	335,4	64
10	3,667.10 ⁸	0,752.10 ⁸	0,873.10 ⁸	528,8	100
11	-	-	-	-	-
12	10,838.10 ⁸	*	1,452.10 ⁸	323,0	94
13	8,573.10 ⁸	1,172.10 ⁸	1,077.10 ⁸	441,8	128
14	5,418.10 ⁸	0,883.10 ⁸	1,556.10 ⁸	344,2	100
15	2,709.10 ⁸	*	*	-	-

(1) Valor-A médio, média dos valores A das folhas e colmos.

(2) % valor-A, tomando o último nível de S como 100%.

Sa - Atividade específica do ^{35}S no fertilizante.

Sc - Atividade específica do ^{35}S nas folhas

* - Dados perdidos.

Tabela 3b - Atividades específicas do ^{35}S nas colunas e folhas e o valor-A médio nos diversos tratamentos. Solo LR

Tratamentos	Sa	Sc	Sf	Valor-A	% Valor-A
	Cont./g.S.min.			kgS/ha	
1	-	-	-	-	-
2	21,667.10 ⁸	0,940.10 ⁸	0,553.10 ⁸	674,0	123
3	16,240.10 ⁸	0,477.10 ⁸	0,579.10 ⁸	990,6	181
4	10,838.10 ⁸	0,807.10 ⁸	0,529.10 ⁸	761,0	139
5	5,418.10 ⁸	0,884.10 ⁸	0,791.10 ⁸	546,9	100
6	-	-	-	-	-
7	14,448.10 ⁸	0,661.10 ⁸	0,473.10 ⁸	917,4	103
8	10,839.10 ⁸	0,636.10 ⁸	*	846,6	95
9	7,226.10 ⁸	0,778.10 ⁸	0,563.10 ⁸	620,8	69
10	3,367.10 ⁸	0,601.10 ⁸	0,452.10 ⁸	894,9	100
11	-	-	-	-	-
12	10,838.10 ⁸	0,834.10 ⁸	0,719.10 ⁸	645,8	65
13	8,573.10 ⁸	0,921.10 ⁸	0,421.10 ⁸	784,8	79
14	5,418.10 ⁸	0,626.10 ⁸	0,383.10 ⁸	974,2	98
15	2,709.10 ⁸	0,411.10 ⁸	0,495.10 ⁸	996,6	100

(-) Tratamentos sem enxofre.

diluição isotópica, estabelecido por FRIED e DEAN (1952). Resultados similares dos obtidos foram encontrados por OZBEK (1966) e BETTANI (1974), tanto para o enxofre como para o fósforo.

No PVls as variações do valor - A em função dos níveis de enxofre e de fósforo aplicados foram mais pronunciados do que no LR. Ainda no PVls as flutuações, no valor - A, foram maiores para os níveis mais baixos de fósforo aplicado, os quais entretanto, tendem a diminuir com o aumento da fertilização fosfatada. Por outro lado, para o mesmo nível de nitrogênio e fósforo aplicados, o valor - A do enxofre, tende a crescer com o aumento da quantidade aplicada desse nutriente.

No LR, por sua vez, o valor - A parece mostrar uma certa constância, tanto em função dos níveis de fósforo aplicados, como em relação aos níveis de enxofre fornecidos. Para o nível de 100 kg P/ha existe uma tendência de diminuição do valor - A com o aumento da quantidade de enxofre aplicado (dados semelhantes foram obtidos por ALVAREZ *et alii*, 1976.b), enquanto, para o nível de 150 kg P/ha o valor mostra um decréscimo nos primeiros níveis de enxofre e torna a crescer nas doses mais elevadas desse elemento. Finalmente para o nível de 200 kg P/ha este valor passa a apresentar a mesma variação crescente do PVls.

De um modo geral, nos solos de regiões tropicais, ficou evidenciado por KINJO e PRAAT (1971), ALOISI (1976) e ALVAREZ *et alii* (1976.a) que o íon sulfato normalmente interage com as cons

tituintes dos solos através de processos de adsorção, formando ligações de baixa energia. Assim o íon pode ser facilmente deslocado e passar para a solução do solo, a qual contém a maior quantidade de enxofre na forma considerada trocável. Desse modo, nos dois solos estudados, as variações de liberação do enxofre de vem ter sido intensificadas com a aplicação de gesso e de fósforo e conseqüentemente uma maior disponibilidade do elemento em questão deverá ter ocorrido.

Também o gesso tem a propriedade de neutralizar as constituintes de alumínio, ferro e manganês dos solos (MEHLICH, 1970 e FRIED e PÉECH, 1976) e possivelmente um certo número de cargas positivas serão neutralizadas, diminuindo, desse modo, a intensidade de fixação aniônica do solo (BITTENCOURT e ZAMBELLO, 1975.a). Esse fato é principalmente evidenciado pelo PV1s, que sendo um solo de menor conteúdo de óxidos de ferro e de alumínio (BITTENCOURT e ZAMBELLO, 1975.a) e de alumínio trocável, tende a apresentar a características menos intensas de retenção aniônica (BITTENCOURT e ZAMBELLO, 1975.b). Por outro lado, o LR sendo um solo mais argiloso e mais rico em óxidos de ferro e de alumínio, apresenta características mais intensas de fixação e portanto, os valores - A nessas condições, tendem a se mostrar mais constantes, evidenciando que os níveis de fósforo e enxofre aplicados não foram suficientes para neutralizar as constituintes do solo, responsáveis pela fixação do enxofre.

O conteúdo de enxofre disponível (Valor - A), no PVIs, variou de 34 a 91% do enxofre total do solo e no LR de 43 a 79%, evidenciando portanto que grande parte do enxofre orgânico e outras formas de sulfato do solo são passíveis de aproveitamento pela cana-de-açúcar, durante o ciclo vegetativo da cultura. SUBBIAH e VENKATESWARLU (1965) encontraram valores - A para o enxofre total do solo, o que mostra coerência com os valores apresentados neste trabalho.

5.8. Eficiência do Gesso

A porcentagem de enxofre na planta, derivado do gesso (% SO_4 D.G) , representa a fração do sulfato absorvido pela planta, proveniente do gesso. É calculada pela fórmula:

$$\% \text{SO}_4 \text{ D.G} = \frac{\text{Atividade específica do } ^{35}\text{S na planta}}{\text{Atividade específica do } ^{35}\text{S no fertilizante}}$$

Os valores que são apresentados nas Tabelas 4.a e 4.b (solos LR e PVIs respectivamente) para as % SO_4 D.G nos solos, mostram que há uma tendência bem definida em se elevar a % SO_4 D.G , quando se aumenta os valores de enxofre e de fósforo aplicados. No entanto, estes valores são ainda maiores quando o nível de enxofre e de fósforo aplicados são elevados. BETTANY

Tabela 4a - Porcentagem do enxofre derivado do gesso (% SO₄ D.G.) e eficiência do gesso (% Efic. G), como fertilizante, nos diversos tratamentos. Solo LR.

Tratamentos	SO ₄ Planta (g/vaso)	% SO ₄ D.G.	SO ₄ aplicado (g/vaso)	% Efic. G.
1	-	-	-	-
2	0,5728	3,57	0,4810	4,25
3	0,6301	3,25	0,6420	3,19
4	0,5903	6,16	0,9618	3,78
5	0,6696	15,54	1,9239	5,37
6	-	-	-	-
7	0,6304	3,92	0,7215	3,42
8	0,6905	5,87	0,9618	4,21
9	0,6910	10,77	1,4425	5,15
10	0,6231	14,35	2,8425	3,15
11	-	-	-	-
12	0,6869	7,18	0,9618	5,12
13	0,8014	7,83	1,2833	4,89
14	0,8800	9,31	1,9239	4,26
15	0,9548	16,71	3,8478	4,15

SO₄ Planta = (% SO₄ x Peso seco) folha + (% SO₄ x Peso seco) colmo

(-) Tratamentos que não receberam enxofre.

Tabela 4b - Porcentagem do enxofre derivado do gesso (% SO₄ D.G.) e eficiência do gesso (% Efic. G.), como fertilizante, nos diversos tratamentos. Solo PVls.

Tratamentos	SO ₄ Planta (g/vaso)	% SO ₄ D.G.	SO ₄ aplicado (g/vaso)	% Efic. G.
1	-	-	-	-
2	0,4298	11,04	0,4810	9,86
3	0,4649	16,13	0,6420	11,69
4	0,6412	16,51	0,9618	11,00
5	0,6531	19,83	1,9239	6,73
6	-	-	-	-
7	0,5881	12,52	0,7215	10,20
8	0,5429	15,08	0,9618	8,51
9	0,7157	13,98	1,4425	6,93
10	0,8086	22,25	2,8425	6,33
11	-	-	-	-
12	0,6079	13,34	0,9618	8,43
13	0,6981	13,31	1,2833	7,24
14	0,8025	20,5	1,9239	8,55
15	0,9212	18,36	3,8478	4,40

et alii (1974), também encontram resultados análogos

Comparando-se os valores de % SO_4 D.G com os valores -A obtidos, conclui-se que % SO_4 D.G será tanto maior quanto me nor for a disponibilidade de enxofre em um determinado solo, o que evidentemente já era esperado.

A porcentagem de sulfato derivado do gesso (% SO_4 D.G.) no LR variou de 3,25 a 16,71% com média de 8,7% e no PVls entre 11,04 a 22,50% com valor médio de 15,9% , mostrando que o enxofre do gesso é bem aproveitado pela cana-de-açúcar. Por outro lado, ALVAREZ *et alii* (1976.b) trabalhando com enxofre na forma de Na_2SO_4 e portanto, muito solúvel, encontraram valores variando de 7,28 a 57,67% .

A eficiência do gesso (% Efic. G) é expressa pela fórmula:

$$\% \text{ Efic. G} = \frac{\% \text{ SO}_4 \text{ D.G.} \times \text{SO}_4 \text{ total da planta}}{\text{SO}_4 \text{ aplicado ao solo}}$$

Nas Tabelas 4.a e 4.b são apresentados os resultados da "Eficiência do gesso" para os dois solos. No LR o gesso apresentou uma eficiência média de 4,41% , enquanto que no PVls foi de 8,32% . Esses dados sugerem que no solo de maior disponibilidade de enxofre (Valor - A e enxofre trocável) há um menor aproveitamento do gesso aplicado, sendo que o contrário ocorre com o PVls.

5.9. Fósforo Extraível

Após o período de cultivo da cana-de-açúcar, retiraram-se amostras de solo dos diversos tratamentos, nas quais determinou-se o conteúdo de fósforo extraível com H_2SO_4 0,05 N, a fim de se verificar a influência do gesso sobre a fixação do fósforo nativo e aplicado ao solo.

Para ambas as amostras de solos houve diferenças significantes nos valores de fósforo extraídos, para os diferentes níveis de fósforo aplicados (ver apêndice A-13 e A-14). No entanto só o LR apresentou significância ao nível de 5%, no fósforo extraído, em função dos níveis de enxofre aplicados.

Para o PV1s a influência do gesso aplicado sobre a liberação do fósforo pelo solo é relativamente pequena (Fig. 11 A). Para o LR (Fig. 11 B), entretanto o aumento da aplicação do enxofre tende a provocar uma maior liberação do fósforo nativo e/ou aplicado, mostrando que, até certo ponto, as cargas positivas do solo, responsáveis pela fixação do fósforo são eliminadas pelo ion sulfato. ALVAREZ *et alii* (1976.a) encontraram resultados semelhantes aos aqui apresentados.

Estes aspectos mostrados são de grande importância para os solos altamente fixadores de fósforo, tais como: Terra Roxa Estruturada, Latossol Roxo e Latossol Vermelho Escuro (BITTENCOURT e ZAMBELLO, 1975.a), pois pode-se reduzir sensivelmente a

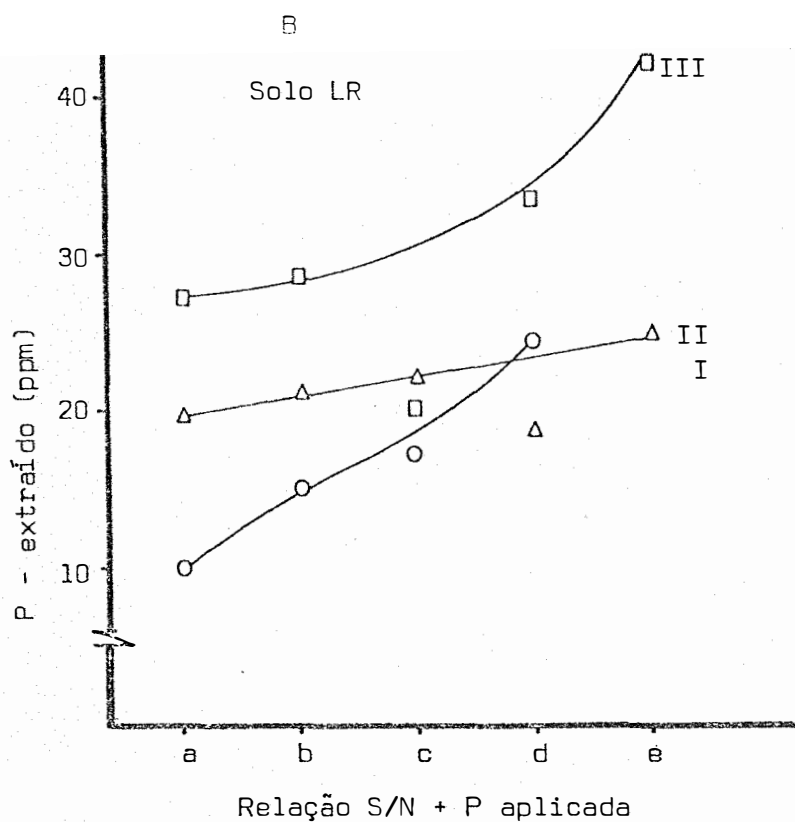
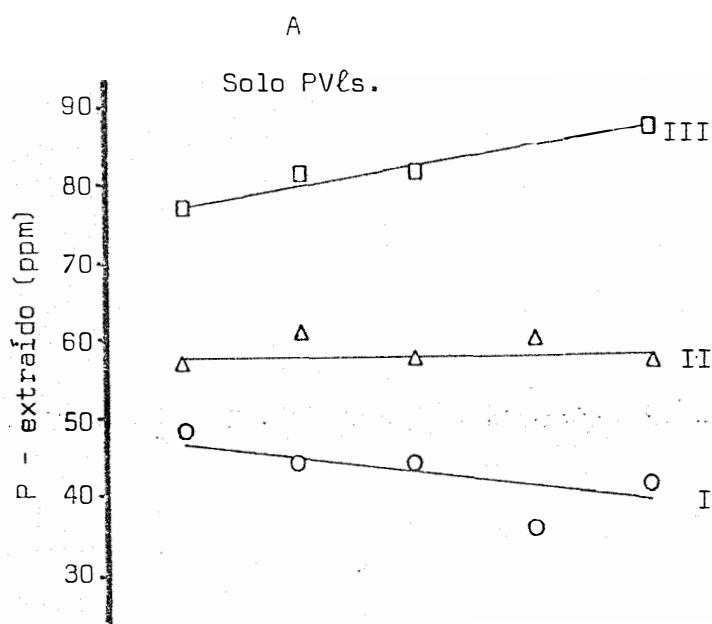


Fig. 11 - Relação entre o fósforo extraído dos solos com H_2SO_4 0,05N e as relações S/N + P aplicadas aos solos PVls. (A) e LR (B), nos diferentes níveis de fertilização (I, II, III).

capacidade de absorção de fósforo do solo, pela simples adição de gesso. Esse fato, em termos de economia, representa um aspecto muito importante, pois o gesso tem preço de custo muito reduzido, quando comparado aos fertilizantes fosfatados.

6. CONCLUSÕES

O emprego de enxofre nas fertilizações da cana-de-açúcar conduz a um aumento de produção e tem influência na absorção de nitrogênio, principalmente quando se aplica doses elevadas de fertilizantes.

A aplicação de nitrogênio, fósforo e enxofre, do ponto de vista de produção e de equilíbrio $S/N+P$, aqui recomendado é em torno da relação c, o que equivale a proporção 6:3:1 para N:P:S respectivamente.

O diagnóstico da necessidade de enxofre pela cana-de-açúcar é melhor representado pela relação N/S na planta do que pelo conteúdo unicamente do enxofre, uma vez que plantas deficientes em nitrogênio comumente apresentam acúmulo de enxofre.

Os valores - A obtidas variaram de 164,6 a 441,8 kg S/ha no PV1s e de 546,9 a 996,6 kg S/ha no LR, o que representa

38 a 92% do S-total no PVls e 43 a 78% do S-total no LR , revelando que boa parte do S orgânico do solo pode ser mineralizado e aproveitado pela planta durante o cultivo.

A eficiência média do gesso no PVls e LR foi de 8,32 % e 4,41% respectivamente, confirmando portanto, ser o gesso uma fonte apropriada de enxofre.

A quantidade de fósforo do solo extraída com H_2SO_4 0,05 N cresce com o aumento de enxofre aplicado, mostrando que o fósforo fica mais prontamente disponível quando se aplica $CaSO_4$ ao solo.

7. SUMMARY

To study the S/N+P relationship in sugar cane an experiment was carried out under greenhouse conditions with cultivar NA5679, planted in pots. Three levels of nitrogen as urea and of phosphorus as diammonium phosphate, and 5 levels of sulphur as calcium sulphate were applied to two representative soils of São Paulo State (Dark Brown Latosol, LR and Red Yellon Podzolic, Laras var. PVls) in order to obtain five ratios of S/N+P.

It was noted that the applied sulphur affected the yield of stalks and contents of N and S in the plant. No well-defined evidence was observed regarding foliar level of phosphorus.

Sulphur availability in the soil was determined using A-value technique and in general the indication was that there is an increase in this parameter when the levels of this nutrient and of phosphorus applied to the soil are higher, this effect being more significant in PVls than in LR. On the other hand, a higher amount of phosphorus extracted with H_2SO_4 0.05N, as a function of the applied sulphur, was observed in LR as compared to the PVls.

Gypsum efficiency was 4.4% in LR and 8.32% in PVIs which indicated that CaSO_4 is an appropriate source of sulphur.

8. LITERATURA CITADA

ALOISI, A.M.M. Comportamento do sulfato em alguns solos do Estado de São Paulo. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" para obtenção do título de mestre. 72 p. 1976.

AHMED, M.I.; REDDY, D.S.; SUBBIAH, B. e DAKSHINAMURT, C. Movement of sulphate ion through soils. Simp. IEAE. VIENA. 159-178, 1974.

ALVAREZ, V.H.; BRAGA, J.M.; ESTEVÃO, M.M. e PINTO, O.C.B. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais. I - Equilíbrio fósforo-enxofre. *Experientiae*. 22(1):1:29, 1976 a.

ALVAREZ, V.H.; ESTEVÃO, M.M.; BRAGA, J. e PINTO, O.C.B. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais II. Formas isotopicamente trocáveis de fósforo e enxofre. Experientia 22 (12):294-329, 1976 b.

AMER, F. Determination of ^{32}P exchangeable phosphorus in soils. Radioisotopes in soil-plant nutrition studies. Simp IEAE. Viena. 43-59. 1962.

AMER, F.; MAHDI, S. e ALRADI, A. Limitations in isotopic measurements of labile phosphate in soil. J. Soil Sci. 20(1):91-100, 1969.

AULAKH, M.S.; DEV, G. e ARORA, B.R. Effect of sulphur fertilization on the nitrogen-sulphur relationships in alfafa. Plant and Soil. 45:75-80 1976.

BARROW, N.J. Influence of solution concentration of calcium on the adsorption of phosphate, sulphate, and molybdate by soils. Soil Sci. 113(3):175-180. 1972.

BATISTA, L.F.; BITTENCOURT, V.C. e CORDEIRO, D.A. Determinação colorimétrica do enxofre trocável do solo pelo metiltimol azul. XXVIII Simp. SBPC. Brasília. 1976.

BETTANY, J.R.; STEWART, W.B. e HALSTEAD, E.H. Assessment of available soil sulphur in an ^{35}S growth chamber experiment. Can. J. Soil Sci. 54:309-315. 1974.

- BITTENCOURT, V.C. e ZAMBELLO, J.* Comportamento do fósforo em solos tropicais. I - Isotermas de adsorção. Boletim CENA, BC-012. Piracicaba, 23p. 1975 a.
- BITTENCOURT, V.C. e ZAMBELLO, J.* Comportamento do fósforo em solos de São Paulo. II - Cinética de retenção. Boletim CENA, BC-032. Piracicaba, 22p. 1975 b.
- BONNET, J.A.* Sulfur deficiency in the sheath related to sugarcane yield decline in a Puerto Rico soil. Proc. 12th Congress ISSCT. Puerto Rico. 12:244-253. 1965.
- BORNEMISZA, E. e LLANOS, R.L.* Sulfate movement, adsorption and desorption in three Costa Rica soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:356-360. 1967.
- BOWEN, H.J.M.* Trace elements in biochemistry. Academic Press. London and New York. 241p. 1966.
- CATANI, R.A.; ARRUDA, H.C.; PELEGRINO, D. e BERGAMIN FILHO, H.* Absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e silício pela cana-de-açúcar e seu crescimento em função da idade. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". 16:167-170. 1959 a.
- CATANI, R.A.; GLORIA, N.A. e VITTI, G.C.A.* Adsorção de sulfato pelo solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". 28:235-245. 1971b.
- DEAN, L.A.* Applications of radioisotopes to the study of fertilizer usage. A critique. Radioisotopes in soil-plant nutrition. Simp. IEAE, Viena. 307-418. 1962.

- DIJKSHOORN, W. e VAN WIJK, A.L.* The sulphur requirements of plant as evidenced by the N-S ratio in the organic matter. A review of published data. *Plant and Soil*. 26:129-157. 1967.
- DUTT, A.K.* Sulphur deficiency in sugarcane. *Empire J. Exp. Agric.* 30(19): 257-262, 1962.
- ENSMINGER, L.E.* Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18(3):259-264. 1954.
- ENSMINGER, L.E. e FRENEY, J.R.* Diagnostic techniques for determining sulphur deficiency in crops and soils. *Soil Sci.* 101(4):283-290. 1966.
- FOX, R.L.* Sulfur and nitrogen requirements of sugarcane. *Agronomy Journal*. 68:891-896, 1976.
- FRENEY, J.R.; BARROW, N.J. e SPENCER, K.* A review of certain aspects of sulphur as a soil constituent and plant nutrient. *Plant and Soil*. 17(3):295-308, 1962 a.
- FRENEY, J.R.; MELVILLE, G.E. e WILLIAMS, C.H.* Organic sulphur fractions labelled by addition of ^{35}S -sulphate to soil. *Soil Biol. Biochem.* 3:133-141, 1971.
- FREIRE, J.C.; MATOS, R.; SOUZA, J.J. e BAHIA, F.G.F.* Respostas a níveis de enxofre em solos de baixada vale do Sapucaí - Minas Gerais. *AGROS*. 41(1):30-44, 1974.
- FRIED, M. e DEAN, L.A.* A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.* 73:263-271, 1952.

- FRIED, M. e PEECH, M.* The comparative effects of lime and gypsum upon plant grown on acid soils. *J. Amer. Soc. Agro.* 38:614-623. 1976.
- GALLO, J.R. e SOARES, F.A.* Diagnose da nutrição nitrogenada do milho pela análise química das folhas. *Bragantia.* 22(2):537-548. 1963.
- GALLO, J.R.; RIROCE, R. e ALVAREZ, R.* Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. *Bragantia.* 27(2):365-382. 1968.
- GARGANTINI, H. e OLIVEIRA, F.S.* Efeito de diferentes fertilizantes nitrogenados na produção do trigo em vasos. *Bragantia.* 31(1):129-135. 1972.
- GOLDEN, L.E.* Relationships between fertilizer and leaf blade P and S and sugarcane yield in Louisiana. *Proc. simp. 15th ISSCT.* 15:695-701. 1971.
- GUPTA, V.C. e VEINOT, R.L.* Response to crops to sulfur under greenhouse conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38:785-788. 1974.
- HILL, H.* Sulphur in agriculture. Sulphur Institute. 146p. 1972.
- HOEFT, R.G.; WALSH, L.M. e KEENEY, D.R.* Evaluation of various extractants for available soil sulfur. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37:401-405. 1973.
- JONES, M.B.* Effect of applicated sulfur on yield and sulfur uptake of various California dry land pasture species. *Agronomy Journal.* 235-237. 1964.

JONES, L.H.P.; COWLING, D.W. e LOCKYER, D.R. Plant-available and extractable sulfur in some soils of England and wales. *Soil Sci.* 114(3): 104-114, 1972.

KANG, B.T. e OSINAME, O.A. Sulfur response of maize in wester Nigeria. *Agronomy Journal.* 68:333-336. 1976.

KINJO, T. e PRATT, P.F. Nitrate adsorption. II - Comparative with chloride, sulfate and phosphate. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35(5): 725-728. 1971.

KOMALENKO, C.G. e LOWE, L.E. Evaluation of several extraction methods and of a closed incubation method for soil sulfur mineralization. *Can. J. Soil Sci.* 55(1):1-8. 1975.

KRUG, F.J.; BERGAMIN FILHO, H.; ZAGATTO, E.A. e JORGENSEN, S.S. Rapid determination of sulfate in natural waters and plant digests by continuous flow injection turbidimetri. *Analyst.* 102:502-508. 1977.

LARSEN, S. Soil phosphorus. *Advanced in Agronomy.* 19:151-210. 1967.

MALAVOLTA, E. Estudo sobre o enxofre. Tese apresentada a E.S.A. "Luiz de Queiroz" para obtenção do título de Livre Docencia. 93p. 1951.

MALAVOLTA, E. e HAAG, H.P. Cultivo e adubação de cana-de-açúcar. *Inst. Bras. de Potass.* 1964.

MARTIN, W.E. e WALKER, T.E. Sulfur requirements and fertilization of pasture and forage crops. *Soil Sci.* 101:248-257. 1966.

McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. e LOTT, W.L. Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo. IBEC Research Institute. 31p. 1959 a.

McCLUNG, A.C. e FREITAS, L.M.M. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. Ecology. 40(2):315-317. 1959 b.

McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; MIKELLIM, D.S. e LOTT, W.L. Cotton fertilization on campo cerrado soils-state of São Paulo, Brazil. IRI Research Institute, Inc. Bull. 27p. 1970 c.

MEHLICH, A. Crop response to sulfur in Kenya. Sulfur Institute Journal. 5(4):10-13. 1970.

NASCIMENTO, V. Uso de uma fonte externa (^{60}Co) para a determinação da eficiência de detecção de ^{32}P pelo efeito Cerenkov, em extratos de solo. Tese apresentada a E.S.A. "Luiz de Queiroz" para obtenção do título de Mestre. 151p. 1975.

NEARPASS, D.C.; FRIED, M. e KILMER, V.J. Greenhouse measurement of available sulfur using radioactive sulfur. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25:287-289. 1961.

NEPTUNE, A.M.L.; TABATABAI, M.A. e HANWAY, J.J. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus-sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:51-55. 1975.

OSINAME, O.A. e KANG, B.T. Response of rice to sulphur application under upland conditions. Soil Sci. and Plant analysis 6(6):585-598. 1975.

- OZBEK, N.* Factors affecting the amount of available soil phosphorus. A-
value. Isotopes in plant nutrition and physiology. Simp. IEAE. Viena.
35-46. 1966.
- PICHOT, J.; TRUONG, B. e BURDIN, S.* Evaluation du phosphore dans un sol
ferralhitique soumis a différents traitements agronomiques. L'
Agronomie Tropicale. 28(2):131-146. 1973.
- PUMPHREY, F.V. e MOORE, D.P.* Sulphur and nitrogen content of alfafa
herbage during growth. Agronomy Journal. 57:237-239. 1965.
- RENDING, V.V.; OPUTA, G. e McCOMB, E.A.* Effects of sulfur deficiency on
non-protein nitrogen, soluble sugars, and N/S ratios in young corn
plant. Plant and Soil. 44(2):423-437.1976.
- RENNIE, D.A. e SPRATT, E.D.* Factors affecting and the significance of
"A" values using band placement. Radioisotopes in soil-plant nutrition.
Simp. IEAE, Viena. 329-342. 1962.
- ROBERTS, S. e KOEHLER, F.E.* Etractable and plant-available sulfur in
representative soils of Washington. Soil Sci. 106(1):53-59. 1968.
- SARTORI, J.L.* Estudo da difusão do fósforo em alguns solos. Tese apresen-
tada à Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal pa-
ra obtenção do título de Doutor em Ciências. 72p. 1973.
- SEDL, J.M.* Sulphur nutrition of sugarcane. Proc. 35th conference of
ISSCT. 35:131-135. 1968.

- SHONE, M.G.T.* Radioactive tracers in the study of soil/plant relationship. Isotopes and radiation in soil and plant nutrition studies. Simp.IEAE, Viena. 217-230. 1965.
- STANFORD, G. e JORDAN, H.V.* Sulfur requirements of sugar, fiber and soil crops. Soil Science. 101:258-266. 1966.
- STELAN, J.F.* Table of radioactive nuclides.Nucleonics. 18(11):186-195. 1960.
- STEWART, B.A. e WRITFIELD, C.J.* Effects of crop residue, soil temperature and sulfur on the growth of winter wheat. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:752-755. 1965.
- SWITT, R.S.* Mineralization of nitrogen and sulphur from soil organic matter. Soil organic matter studies. Simp. IEAE, Viena. 1:275-281. 1976.
- SUBBIAH, B.V. e VENKATESWARLU, J.* Availability and transformations of sulfur in rice soils. Isotopes and radiation in soil-plant relation studies. Simp. IEAE, Viena. 563-577. 1965.
- TABATABAI, M. e BREMNER, J.M.* Arylsulphatase activity of soils. Soil Sci. Amer. Proc. 34:225-229. 1970.a.
- TABATABAI, M. e BREMNER, J.M.* Distribution of total and available sulfur in selected soils and soil profiles. Agronomy Journal. 64:40-44. 1972.b.
- TABATABAI, M. e BREMNER, J.M.* Forms of sulfur and carbono, nitrogen and sulfur relationship, in Iowa soils. Soil Sci. 114(5):380-386. 1972c.

VAN DEN HENDE, A. e COTTENIE, A. L'estimation de la fertilité du sol par les méthodes chimiques nouvelles. Comp. Rend. des recherches. Travaux du center de Chimie Physique Agricole. Bruxelles Institute pour J' Encouragement de la recherche scientifique. "IRSIA". 25:25-147, 1960.

VAN PRAAG, H.J. Cycle interne de l' azote et du doufre dans horizontes humisfêres forestiers des sols bruns acides. III - Cycle interne du soufre. Plant and soil. 39:61-69. 1973.

WALLIHAN, E.F. e SHARPLESS, R.G. Effect of sulfur supply on the optimum concentrations of nitrogen in leaves of rice plants. Soil Sci. 118(5): 304-307. 1974.

WILLIAMS, C.H. e STEIMBERGS, A. The evaluations of plant-available sulphur in soils. I - The chemical nature of sulphate in some Australian soils. Plant and Soil. 12(3):272-294. 1962.

WALKER, D.R. e DOORNENDAL, G. Soil sulfate. II - As an index of the sulfur available to legumes. Can. J. Soil Sci. 52:261-266. 1972

9. APÊNDICE

Nas tabelas A-1 a A-14 deste apêndice são apresentados os quadros de análises de variâncias, relativas aos dados de conteúdo de sulfato, nitrogênio e fósforo da cana-de-açúcar, produção de colmos e teor de fósforo do solo extraível com H_2SO_4 0,05N.

Convenções

AI = A (1, 2, 3) = níveis de N e P aplicados

A1 = 200kg N e 100kg P/ha

A2 = 300kg N e 150kg P/ha

A3 = 400kg N e 200kg P/ha

BI = B (1, 2, 3, 4, 5) relações S/N + P aplicados (ver tabela 2).

B1 = a

B2 = b

B3 = c

B4 = d

B5 = e

Tabela A-1 - Solo LR. Conteúdo de SO_4 - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0,021401	0.010700	2.0420
B	4	0.155711	0.038927	7.4287 **
A*B	8	0.071402	0.008925	1.7032
A I. B 1 2		0.015748	0.007874	1.5026
A I. B 2 2		0.014233	0.007116	1.3581
A I. B 3 2		0.017882	0.008941	1.7063
A I. B 4 2		0.000044	0.000022	0.0042
A I. B 5 2		0.044894	0.022447	4.2837 *
B I. A 1 4		0.032688	0.008172	1.5595
B I. A 2 4		0.130827	0.032706	6.2415 **
B I. A 3 4		0.063598	0.015899	3.0341 *
TRATAM.	14	0.248515	0.017751	3,3875 **
RESÍDUO	30	0.157205	0.005240	
TOTAL	44	0.405721		

MÉDIAS A*B (% SO_4 na MS)

AB (1, 1)=	0.3040
AB (1, 2)=	0.2626
AB (1, 3)=	0.2883
AB (1, 4)=	0.4003
AB (1, 5)=	0.3216
AB (2, 1)=	0.2016
AB (2, 2)=	0.3540
AB (2, 3)=	0.3230
AB (2, 4)=	0.3950
AB (2, 5)=	0.4873
AB (3, 1)=	0.2573
AB (3, 2)=	0.3376
AB (3, 3)=	0.3953
AB (3, 4)=	0.3986
AB (3, 5)=	0.4476

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A'' =	0.0648
B =	0.0989
A*B =	0.2177

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.0833
B =	0.1218
A*B =	0.2566

Tabela A-2 - Solo PVls. Conteúdo de SO_4 - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.037224	0.018612	2.0728
B	4	0.388504	0.097126	10.8168 **
A*B	8	0.101109	0.012638	1.4075
A I. B 1	2	0.009884	0.004942	0.5503
A I. B 2	2	0.000526	0.000263	0.0293
A I. B 3	2	0.030312	0.015156	1.6879
A I. B 4	2	0.025257	0.012628	1.4064
A I. B 5	2	0.072353	0.036176	4.0289 *
B I. A 1	4	0.186235	0.046558	5.1852 **
B I. A 2	4	0.106835	0.026708	2.9745 *
B I. A 3	4	0.196544	0.049136	5.4722 **
TRATAM.	14	0.526838	0.037631	4.1909 **
RESÍDUO	30	0.269374	0.008979	
TOTAL	44	0.796213		

MÉDIAS A*B (% SO_4 na MS)

AB (1, 1)=	0.1883
AB (1, 2)=	0.3876
AB (1, 3)=	0.3566
AB (1, 4)=	0.3996
AB (1, 5)=	0.5366
AB (2, 1)=	0.2673
AB (2, 2)=	0.4029
AB (2, 3)=	0.4826
AB (2, 4)=	0.5013
AB (2, 5)=	0.3683
AB (3, 1)=	0.2439
AB (3, 2)=	0.4046
AB (3, 3)=	0.4766
AB (3, 4)=	0.5203
AB (3, 5)=	0.5746

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.0848
B =	0.1295
A*B	0.2850

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.1091
B =	0.1595
A*B =	0.3359

Tabela A-3 - Solo LR. Conteúdo de SO_4 - colmos

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.012956	0.006478	2.7035
B	4	0.010832	0.002708	1.1301
A*B	8	0.012974	0.001621	0.6767
TRATAM.	14	0.036763	0.002625	1.0958
RESÍDUO	30	0.071887	0.002396	
TOTAL	44	0.108651		

MÉDIAS A*B (% SO_4 na MS)

AB (1, 1)= 0.1563
 AB (1, 2)= 0.1736
 AB (1, 3)= 0.1776
 AB (1, 4)= 0.2186
 AB (1, 5)= 0.2166
 AB (2, 1)= 0.2150
 AB (2, 2)= 0.1879
 AB (2, 3)= 0.1989
 AB (2, 4)= 0.1983
 AB (2, 5)= 0.2243
 AB (3, 1)= 0.1850
 AB (3, 2)= 0.2666
 AB (3, 3)= 0.2126
 AB (3, 4)= 0.2383
 AB (3, 5)= 0.2466

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A = 0.0563
 B = 0.0824
 A*B = 0.1735

Tabela A-4 - Solo PVls. Conteúdo de SO_4 - colmos

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M	F
A	2	0.018220	0.009110	3.8020 *
B	4	0.109341	0.027335	11.4078 **
A*B	8	0.018042	0.002255	0.9411
A I. B 1	2	0.002408	0.001204	0.5025
A I. B 2	2	0.004842	0.002421	1.0105
A I. B 3	2	0.001476	0.000738	0.3080
A I. B 4	2	0.008084	0.004042	1.6869
A I. B 5	2	0.019450	0.009725	4.0586 *
A I. A 1	4	0.028867	0.007216	3.0118 *
B I. A 2	4	0.025240	0.006310	2.6334
B I. A 3	4	0.073275	0.018318	7.6449 **
TRATAM.	14	0.145604	0.010400	4.3403 **
RESÍDUO	30	0.071885	0.002396	
TOTAL	44	0.217490		

MÉDIAS A*B (% SO_4 na MS)

AB (1, 1) = 0.1853
 AB (1, 2) = 0.2086
 AB (1, 3) = 0.2140
 AB (1, 4) = 0.2403
 AB (1, 5) = 0.3126
 AB (2, 1) = 0.1783
 AB (2, 2) = 0.2646
 AB (2, 3) = 0.2376
 AB (2, 4) = 0.2740
 AB (2, 5) = 0.2983
 AB (3, 1) = 0.2160
 AB (3, 2) = 0.2283
 AB (3, 3) = 0.2436
 AB (3, 4) = 0.3136
 AB (3, 5) = 0.4033

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A = 0.0438
 B = 0.0668
 A*B = 0.1472

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A = 0.0563
 B = 0.0824
 A*B = 0.1735

Tabela A-5 - Solo LR. Conteúdo de N - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.204058	0.102029	6.5384 **
B	4	0.017222	0.004305	0.2759
A*B	8	0.040563	0.005070	0.3249
A I. B 1	2	0.076355	0.038177	2.4465
A I. B 2	2	0.102822	0.051411	3.2946
A I. B 3	2	0.034822	0.017411	1.1157
A I. B 4	2	0.022200	0.011100	0.7113
A I. B 5	2	0.008422	0.004211	0.2698
B I. A 1	4	0.020093	0.005023	0.3219
B I. A 2	4	0.020200	0.005050	0.3236
B I. A 3	4	0.017493	0.004373	0.2802
TRATAM:	14	0.261844	0.018703	1.1985
RESÍDUO	30	0.468133	0.015604	
TOTAL	44	0.729978		

MÉDIAS A*B (% N na MS)

AB (1, 1)=	0.7700
AB (1, 2)=	0.8000
AB (1, 3)=	0.8433
AB (1, 4)=	0.8566
AB (1, 5)=	0.8666
AB (2, 1)=	0.9900
AB (2, 2)=	1.0300
AB (2, 3)=	0.9799
AB (2, 4)=	0.9666
AB (2, 5)=	0.9166
AB (3, 1)=	0.9233
AB (3, 2)=	1.0233
AB (3, 3)=	0.9700
AB (3, 4)=	0.9566
AB (3, 5)=	0.9400

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.1119
B =	0.1707
A*B =	0.3757

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.1438
B =	0.2102
A*B =	0.4428

Tabela A-6 - Solo PVls. Conteúdo de N - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.050298	0.025149	1.4235
B	4	0.033213	0.008303	0.4700
A*B	8	0.105879	0.013234	0.7491
TRATAM	14	0.189391	0.013527	0.7657
RESÍDUO	30	0.529999	0.017666	

MÉDIAS A*B (% N na MS)

AB (1, 1)=	0.7833
AB (1, 2)=	0.9066
AB (1, 3)=	0.8466
AB (1, 4)=	0.8500
AB (1, 5)=	0.7666
AB (2, 1)=	0.8900
AB (2, 2)=	0.9900
AB (2, 3)=	0.8999
AB (2, 4)=	0.9666
AB (2, 5)=	0.7933
AB (3, 1)=	0.8233
AB (3, 2)=	0.8033
AB (3, 3)=	0.8500
AB (3, 4)=	0.8233
AB (3, 5)=	0.9300

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.1190
B =	0.1816
A*B =	0.3398

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.1530
B =	0.2237
A*B =	0.4711

Tabela A-7 - Solo LR. Conteúdo de N - colmos

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.090964	0.045482	4.8454 *
B	4	0.025644	0.006411	0.6830
A*B	8	0.043968	0.005496	0.5855
A I. B 1	2	0.037066	0.018533	1.9744
A I. B 2	2	0.054466	0.027233	2.9012
A I. B 3	2	0.016022	0.008011	0.8534
A I. B 4	2	0.005422	0.002711	0.2888
A I. B 5	2	0.021955	0.010977	1.1695
B I. A 1	4	0.022866	0.005716	0.6090
B I. A 2	4	0.042973	0.010743	1.1445
B I. A 3	4	0.003773	0.000943	0.1004
TRATAM.	14	0.160577	0.011469	1.2219
RESÍDUO	30	0.281599	0.009386	
TOTAL	44	0.442177		

MÉDIAS A*B (% N na MS)

AB (1, 1)=	0.3566
AB (1, 2)=	0.3499
AB (1, 3)=	0.3899
AB (1, 4)=	0.4599
AB (1, 5)=	0.3933
AB (2, 1)=	0.4633
AB (2, 2)=	0.5166
AB (2, 3)=	0.4866
AB (2, 4)=	0.5200
AB (2, 5)=	0.3733
AB (3, 1)=	0.5100
AB (3, 2)=	0.5133
AB (3, 3)=	0.4700
AB (3, 4)=	0.4933
AB (3, 5)=	0.4866

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.0868
B =	0.1324
A*B =	0.2914

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.1115
B =	0.1630
A*B =	0.3434

Tabela A-8 - Solo PVls. Conteúdo de N - colmos

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.246671	0.123335	21.1997 *
B	4	0.050200	0.012550	2.1571
A*B	8	0.077239	0.009654	1.6595
A I. B 1	2	0.047622	0.023811	4.0928 *
A I. B 2	2	0.063355	0.031677	5.4449 **
A I. B 3	2	0.021955	0.010977	1.8869
A I. B 4	2	0.014155	0.007077	1.2165
A I. B 5	2	0.176822	0.088411	15.1967 **
B I. A 1	4	0.020693	0.005173	0.8892
B I. A 2	4	0.008439	0.002109	0.3626
B I. A 3	4	0.098306	0.024576	4.2244 **
TRATAM.	14	0.374111	0.026722	4.5932 **
RESÍDUO	30	0.174533	0.005817	
TOTAL	44	0.548644		

MÉDIAS A*B (% N na MS)

AB (1, 1)=	0.2633
AB (1, 2)=	0.3166
AB (1, 3)=	0.3433
AB (1, 4)=	0.3766
AB (1, 5)=	0.3200
AB (2, 1)=	0.4066
AB (2, 2)=	0.4666
AB (2, 3)=	0.4366
AB (2, 4)=	0.4000
AB (2, 5)=	0.4300
AB (3, 1)=	0.4266
AB (3, 2)=	0.5133
AB (3, 3)=	0.4566
AB (3, 4)=	0.4700
AB (3, 5)=	0.6566

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.0683
B =	0.1042
A*B =	0.2294

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.0878
B =	0.1283
A*B =	0.2703

Tabela A-9 - Soló LR. Conteúdo de P - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.000354	0.000177	0.4715
B	4	0.001058	0.000264	0.7033
A*B	8	0.002716	0.000339	0.9021
TRATAM.	14	0.004130	0.000295	0.7838
RESÍDUO	30	0.011291	0.000376	
TOTAL	44	0.015422		

MÉDIAS A*B (% P na MS)

AB (1, 1)=	0.1066
AB (1, 2)=	0.0916
AB (1, 3)=	0.1016
AB (1, 4)=	0.0993
AB (1, 5)=	0.0716
AB (2, 1)=	0.1000
AB (2, 2)=	0.0933
AB (2, 3)=	0.1150
AB (2, 4)=	0.0956
AB (2, 5)=	0.0933
AB (3, 1)=	0.0916
AB (3, 2)=	0.1049
AB (3, 3)=	0.1016
AB (3, 4)=	0.0966
AB (3, 5)=	0.1083

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.0173
B =	0.0265
A*B =	0.0583

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.0223
B =	0.0326
A*B =	0.0687

Tabela A-10 - Solo PVls. Conteúdo de P - folhas

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	0.001195	0.000597	1.8478
B	4	0.000737	0.000184	0.5701
A*B	8	0.005857	0.000732	2.2633
TRATAM.	14	0.007790	0.000556	1.7202
RESÍDUO	30	0.009704	0.000323	
TOTAL	44	0.017495		

MÉDIAS A*B (% P na MS)

AB (1, 1)=	0.1050
AB (1, 2)=	0.0873
AB (1, 3)=	0.1116
AB (1, 4)=	0.1033
AB (1, 5)=	0.0916
AB (2, 1)=	0.1100
AB (2, 2)=	0.1316
AB (2, 3)=	0.1100
AB (2, 4)=	0.1216
AB (2, 5)=	0.0849
AB (3, 1)=	0.1133
AB (3, 2)=	0.1006
AB (3, 3)=	0.0933
AB (3, 4)=	0.0876
AB (3, 5)=	0.1149

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	0.0161
B =	0.0245
A*B =	0.0541

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	0.0207
B =	0.0302
A*B =	0.0637

Tabela A-11 - Solo LR. Produção de colmos

C. V.	G.L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	174763.328308	87381.664154	12.9199 **
B	4	5773.328130	1443.332032	0.2134
A*B	8	38186.671920	4773.333990	0.7057
A I. B 1	2	25316.664077	12658.332038	1.8716
A I. B 2	2	26450.000015	13225.000007	1.9553
A I. B 3	2	89616.664123	44808.332061	6.6251 **
A I. B 4	2	46550.000030	23275.000015	3.4412 *
A I. B 5	2	25016.664077	12508.332038	1.8494
B I. A 1	4	3770.000001	942.500000	0.1393
B I. A 2	4	27170.000015	6792.500003	1.0043
B I. A 3	4	13020.000007	3255.000001	0.4812
TRATAM.	14	218723.328308	15623.094879	2.3099 *
RESÍDUO	45	304350.000366	6763.333341	
TOTAL	59	523073.328369		

MÉDIAS A*B (g/vaso)

AB (1, 1)=	640.0000
AB (1, 2)=	657.5000
AB (1, 3)=	680.5000
AB (1, 4)=	665.0000
AB (1, 5)=	627.5000
AB (2, 1)=	697.5000
AB (2, 2)=	715.0000
AB (2, 3)=	751.5000
AB (2, 4)=	647.5000
AB (2, 5)=	700.0000
AB (3, 1)=	752.5000
AB (3, 2)=	772.5000
AB (3, 3)=	810.0000
AB (3, 4)=	787.5000
AB (3, 5)=	737.5000

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	63.0753
B =	95.5554
A*B =	208.9910

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	79.9475
B =	116.3877
A*B =	243.2232

Tabela A-12 - Solo PVls. Produção de colmos

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	156730.000183	78365.000091	7.9955 **
B	4	56556.671890	6639.167972	0.6773
A*B	8	25503.328147	3187.916018	0.3252
A I. B 1	2	34350.000030	17175.000015	1.7523
A I. B 2	2	36866.668014	18433.334007	1.8807
A I. B 3	2	59616.664108	29808.332054	3.0413
A I. B 4	2	27650.000015	13825.000007	1.4105
A I. B 5	2	23750.000015	11875.000007	1.2115
B I. A 1	4	12280.000007	3070.000001	0.3132
B I. A 2	4	27400.000015	6850.000003	0.6989
B I. A 3	4	12380.000007	3095.000001	0.3157
TRATAM.	14	208790.000183	14913.571441	1.5216
RESÍDUO	45	441050.000244	9801.111114	
TOTAL	59	649840.000488		

MÉDIAS A*B (g/vaso)

AB (1, 1)=	597.5000
AB (1, 2)=	632.5000
AB (1, 3)=	612.5000
AB (1, 4)=	667.5000
AB (1, 5)=	647.5000
AB (2, 1)=	687.5000
AB (2, 2)=	637.5000
AB (2, 3)=	705.0000
AB (2, 4)=	722.5000
AB (2, 5)=	747.5000
AB (3, 1)=	725.0000
AB (3, 2)=	752.5000
AB (3, 3)=	785.0000
AB (3, 4)=	785.0000
AB (3, 5)=	735.0000

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	75.9305
B =	115.0304
A*B =	251.5851

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	96.2414
B =	140.1085
A*B =	292.7941

Tabela A-13 - Solo LR. P extraível com H_2SO_4 0,05 N

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	1528.199280	764.099640	17.9108 *
B	4	540.296585	135.074146	3.1661
A*B	8	727.754044	90.969255	2.1323
A I. B 1	2	407.286671	203.643335	4.7734 *
A I. B 2	2	264.895557	132.447778	3.1046
A I. B 3	2	36.695562	18.347781	0.4300
A I. B 4	2	396.026668	198.013334	4.6415 *
A I. B 5	2	1151.048890	575.524445	13.4905 **
B I. A 1	4	305.802662	76.450665	1.7920
B I. A 2	4	74.764003	18.691000	0.4381
B I. A 3	4	887.484001	221.871000	5.2007 **
TRATAM.	14	2796.249911	199.732136	4.6818 **
RESÍDUO	30	1279.839921	42.661330	
TOTAL	44	4076.089830		

MÉDIAS A*B (ppm P)

AB (1, 1)=	10.6333
AB (1, 2)=	15.2333
AB (1, 3)=	17.2333
AB (1, 4)=	24.5666
AB (1, 5)=	15.8000
AB (2, 1)=	19.9000
AB (2, 2)=	21.2000
AB (2, 3)=	22.1333
AB (2, 4)=	18.6333
AB (2, 5)=	25.2000
AB (3, 1)=	27.0666
AB (3, 2)=	28.5000
AB (3, 3)=	20.2666
AB (3, 4)=	34.7000
AB (3, 5)=	43.0666

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	5.8519
B =	8.9264
A*B =	19.6469

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	7.5215
B =	10.9947
A*B =	23.1539

Tabela A-14 - Solo PVls. P extraível com H_2SO_4 0,05 N

C. V.	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
A	2	9787.306892	4893.653446	25.5903 **
B	4	386.591186	96.647796	0.5054
A*B	8	553.588745	69.198593	0.3618
A I. B 1	2	1304.375611	652.187805	3.4104 *
A I. B 2	2	2019.362275	1009.681137	5.2799 *
A I. B 3	2	2067.660067	1033.830033	5.4062 **
A I. B 4	2	1653.882264	826.941132	4.3243 *
A I. B 5	2	3295.615603	1647.807801	8.6168 **
B I. A 1	4	265.480041	66.370010	0.3470
B I. A 2	4	27.250732	6.812683	0.0356
B I. A 3	4	647.449402	161.862350	0.8464
TRATAM.	14	10727.486827	766.249059	4.0069 **
RESÍDUO	30	5736.906375	191.230212	
TOTAL	44	16464.393211		

MÉDIAS A*B (ppm P)

AB (1, 1)=	48.5333
AB (1, 2)=	43.9666
AB (1, 3)=	44.1333
AB (1, 4)=	35.6666
AB (1, 5)=	41.5333
AB (2, 1)=	57.3000
AB (2, 2)=	60.5000
AB (2, 3)=	57.0333
AB (2, 4)=	59.6000
AB (2, 5)=	57.9666
AB (3, 1)=	77.3000
AB (3, 2)=	80.5999
AB (3, 3)=	80.7333
AB (3, 4)=	67.5666
AB (3, 5)=	87.7666

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 5%

A =	12.3897
B =	18.8990
A*B =	41.5963

TESTES DE TUKEY AO NÍVEL DE 1%

A =	15.9245
B =	23.2781
A*B =	49.0214