



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**SISTEMA DE ROTAÇÃO E ADUBAÇÃO
FOSFATADA NA CULTURA DA CANA-DE-
AÇÚCAR NO CERRADO**

AILTON JÚNIO MANZI GAMA

**Uberlândia
2007**

AILTON JÚNIO MANZI GAMA

SISTEMA DE ROTAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA
DA CANA-DE-AÇÚCAR NO CERRADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área
de concentração em solos, para obtenção do título de
“Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer

UBERLÂNDIA-MG
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G184s Gama, Ailton Júnio Manzi, 1976-
Sistema de rotação e adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar
no cerrado / Ailton Júnio Manzi Gama. - 2007.
86 f. : il.

Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa
de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Adubação - Teses. I. Korndörfer, Gaspar Henrique.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 633.61:631.8

AILTON JÚNIO MANZI GAMA

SISTEMA DE ROTAÇÃO E ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CANA-DE-
AÇÚCAR.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa
de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área
de concentração em Solos, para obtenção do título
de “Mestre”.

APROVADA em 19 de março de 2007.

Dr. Fabio Luis Ferreira Dias

IAC

Dr.^a. Suzana Pereira Melo

UFU

Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues

UFU

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS-BRASIL

DEDICO,

Especialmente a Minha Querida Mãe, “In Memoriam”, que durante todos estes anos esteve sempre presente em meus pensamentos.

Ao meu Pai, Ailton Gama Pacheco, pela formação e os ensinamentos de vida.

À minha Esposa, Cícilia Silva Ferreira Manzi, e meus filhos, Gabriel Ferreira Manzi e Miguel Ferreira Manzi, “In Memoriam”, que apesar de partir muito cedo, permanece vivo em meu coração e pensamento.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me proporcionado a vida e a força espiritual para enfrentar mais esta etapa em minha vida.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Ao meu orientador, Prof. Gaspar Henrique Korndörfer, pelo apoio e especialmente por ter acreditado em meu potencial.

A toda equipe da Usina Jalles Machado, que concedeu todo suporte para a concretização deste trabalho. Em especial ao Sr. Rogério Augusto Bremm Soares, pelo apoio durante todas as atividades desenvolvidas desde o plantio até a colheita. Grande parte deste trabalho estaria comprometido se não fosse por este apoio tão importante.

À Dr. Suzana Pereira Melo, pelas valiosas sugestões, amizade e apoio.

Ao Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues, pela colaboração e apoio na interpretação dos resultados.

Ao Dr. Fabio Luis Ferreira Dias, por participar de minha banca de defesa da dissertação e pelas importantes contribuições.

A toda equipe do Laboratório de Fertilizantes e do Grupo de Pesquisa do Silício (GPSi), que durante todos estes anos fez parte desta minha jornada em busca de conhecimento.

A todos os professores, técnicos e funcionários da Universidade Federal de Uberlândia que participaram desta minha conquista profissional.

À minha esposa Cicília Silva Ferreira Manzi, por estar constituindo comigo uma família, juntamente de nosso querido filho Gabriel.

**“...Cada um de nós compõe a sua própria história,
cada Ser carrega o Dom de ser Capaz, e ser Feliz...”**

Almir Sater

RESUMO

GAMA, AILTON JÚNIO MANZI. **Sistemas de rotação e adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar no cerrado.** 2007. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia¹.

Considerando os efeitos negativos ocasionados pela monocultura da cana-de-açúcar ao longo dos anos, a prática da rotação de cultura pode proporcionar vários benefícios, entre eles a melhoria no aproveitamento do fósforo aplicado. A baixa disponibilidade de fósforo na região do cerrado é um dos fatores que mais limitam o aumento de produtividade da cana-de-açúcar nesse ambiente. Objetivou-se avaliar no presente trabalho o efeito de sistemas de rotação e da fosfatagem na produtividade da cana-de-açúcar e na qualidade tecnológica da mesma. O estudo foi realizado a campo em dois solos distintos, um com textura arenosa e outro argilosa. Os sistemas de rotação consistiram do cultivo de soja e *Crotalaria juncea*, cultivadas em um e dois anos consecutivos. A fonte de fósforo utilizada na fosfatagem foi o termofosfato magnésiano, na dose de 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcela subdividida em esquema fatorial 5x2, sendo: 5 sistemas de rotação na parcela (Pousio, um ano com cultivo de soja, dois anos com cultivo de soja, um ano com cultivo de crotalária e dois anos com cultivo de crotalária), com e sem fosfatagem na subparcela e quatro repetições. O plantio da cana foi realizado em março de 2004, sucedendo os manejos de rotação. Os parâmetros analisados na cana-planta foram: perfilhamento, biometria dos colmos, análises tecnológicas (POL da cana, BRIX no caldo e P₂O₅ no caldo), produção de colmos e açúcar. Após a colheita da cana, foi realizada análise química nos dois solos. Realizou-se análise foliar na cana de primeira soca, aos 8 meses de desenvolvimento. Observou-se que os sistemas de rotação afetaram positivamente, nos dois experimentos, a biometria, a produção dos colmos e o teor de P no solo. Enquanto a fosfatagem aumentou, nos dois experimentos, o teor de fósforo, magnésio e saturação de bases no solo, incrementando também a concentração de P₂O₅ no caldo da cana-planta. Apenas o solo de textura média apresentou resposta à fosfatagem e aos sistemas de rotação, com relação à produção de colmos e açúcar. O melhor sistema de rotação neste solo foi observado nas áreas cultivadas anteriormente com 2 ciclos de soja. Enquanto que, para o solo de textura argilosa, a maior produção de colmos ocorreu nas áreas anteriormente cultivadas com 2 ciclos de crotalária. Apesar da fosfatagem ter proporcionado aumento no teor de P nos dois solos, não houve diferença na concentração de P nas folhas colhidas aos 8 meses da cana-soca.

Palavras-chave: Fósforo, cana, crotalária, soja, produtividade.

¹Orientador: Gaspar Henrique Korndörfer - UFU

ABSTRACT

GAMA, AILTON JÚNIO MANZI. **Rotation systems and phosphate fertilization on sugarcane in the savannahs.** 2007. 86f. Dissertation (Master's in Agriculture/Soils) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia¹.

Considering the possible negative effects caused by sugarcane through the years, culture rotation can yield several benefits, including the improvement of phosphorus use. Low phosphorus availability in the savannahs is a major restriction factor for sugarcane yield in this environment. This study analyzed the effect of culture rotation and phosphate fertilization on sugarcane yield and its technological quality. The test was done in two different soil types, clay and sandy soils. The culture rotation system consisted of soybean or *Crotalaria juncea*, cultivated for one or two subsequent years. The phosphorus source was magnesium thermo-phosphate, at 170 kg ha⁻¹ P₂O₅. The experimental design was randomized blocks with split plot as a 5x2 factorial, with: 5 rotation systems in the plots (fallow, soybean for one year, two consecutive years of soybeans, one year with crotalaria or two consecutive years of crotalaria), with or without phosphate fertilization in the split plot and four repetitions. Sugarcane was planted in March 2004, after the rotation management. The sugarcane parameters analyzed were: tillering, stalk biometry, technological analyses (sugarcane POL, syrup BRIX and syrup P₂O₅), stalk and sugar yield. Chemical analysis of the two soils was done after sugarcane harvest. Sugarcane leaf analysis was done, after 8 months of ratoon growth. The rotation systems affected positively, on both experiments, biometry, stalk yield and P soil level. While phosphate fertilization increased soil phosphorus, magnesium and base saturation levels in both experiments, also increasing P₂O₅ concentration in the syrup of the first year sugarcane, stalk and sugar yield increases were found only on the sandy soil, for both phosphate fertilization and rotation systems. The best rotation system in this soil was found on two consecutive years of soybeans. However, in the clay soil, the greatest stalk yield was found in areas cultivated for two years with crotalaria. Although phosphate fertilization increased soil P levels in both soils, no differences were observed in leaf P concentration of ratoon sugarcane after 8 months of growth.

Keywords: Phosphorus, sugarcane, crotalaria, soybean, yield.

¹Supervisor: Gaspar Henrique Korndörfer - UFU

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento.....	27
2 Pesagem do termofosfato magnésiano.....	29
3 Subparcela sem e com fosfatagem.....	29
4 Área experimental após a sulcação.....	30
5 Brotação da cana-de-açúcar após o plantio.....	30
6 Concentração de P_2O_5 do caldo na cana-planta, no Experimento I, na presença e ausência de fósforo (fosfatagem), nos diferentes manejos estudado.....	56
7 Concentração de P_2O_5 do caldo na cana-planta, no Experimento II, na presença e ausência de fósforo (fosfatagem), nos diferentes manejos estudado.....	56

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Caracterização química dos solos das Fazendas Tapajós (Experimento I) e Fazenda Cristalina (Experimento II) antes da instalação dos experimentos.....	26
2 Caracterização física dos solos das Fazendas Tapajós e Fazenda Cristalina antes da instalação dos Experimentos I e II.....	27
3 Perfilhamento da cana-planta no Experimento I, nas avaliações realizadas aos 90, 120 e 180 dias após o plantio.....	34
4 Perfilhamento da cana-planta no Experimento II, após avaliações realizadas aos 90, 120 e 180 dias após o plantio.....	36
5 Biometria (diâmetro e comprimento) dos colmos da cana-planta, no Experimento I, no momento da colheita.....	38
6 Biometria (diâmetro e comprimento) dos colmos da cana-planta, no Experimento II, no momento da colheita.....	41
7 Produção de colmos na cana-planta, no Experimento I, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.....	42
8 Produção de colmos na cana-planta, no Experimento II, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.....	45
9 Produção de açúcar na cana-planta, no Experimento I, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.....	46
10 Produção de açúcar na cana-planta, no Experimento II, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.....	48
11 POL da cana e BRIX do caldo nos colmos colhidos da cana-planta, no Experimento I, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.	50
12 POL da cana e BRIX do caldo nos colmos colhidos da cana-planta, no Experimento II, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.	52
13 Concentração de P ₂ O ₅ no caldo dos colmos colhidos da cana-planta, no Experimento I, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.	53
14 Concentração de P ₂ O ₅ no caldo dos colmos colhidos da cana-planta, no Experimento II, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.....	55
15 Teor de fósforo no solo, extraído com resina e melhich 1, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no Experimento I.....	58
16 Teor de fósforo no solo, extraído com extrator resina e melhich 1, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no Experimento II.....	60
17 Análise química do solo, no Experimento I, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.....	62
18 Análise química do solo, no Experimento II, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.....	64
19 Concentração de fósforo na folha +3, no Experimento I, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.....	66
20 Concentração foliar de fósforo na folha +3, no Experimento II, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.....	67

SUMÁRIO

	Páginas
1 INTRODUÇÃO-----	12
2 REVISÃO DE LITERATURA-----	14
2.1 Cana-de-açúcar-----	14
2.2 Rotação de culturas-----	16
2.2.1 Adubação verde-----	17
2.3 Fósforo no solo-----	20
2.4 Fósforo nas plantas-----	22
3 MATERIAL E MÉTODOS-----	26
3.1 Local e solo-----	26
3.2 Delineamento experimental-----	28
3.3 Preparo do solo-----	28
3.4 Plantio e tratos culturais-----	29
3.4.1 Soja-----	29
3.4.2 Crotalaria-----	29
3.4.3 Cana-de-açúcar-----	31
3.5 Avaliações efetuadas-----	31
3.5.1 Solo-----	31
3.5.1.1 Análise de solo-----	31
3.5.2 Cana-de-açúcar-----	31
3.5.2.1 Perfilhamento-----	31
3.5.2.2 Análise foliar-----	31
3.5.2.3 Biometria dos colmos-----	32
3.5.2.4 Produção de colmos e açúcar-----	32
3.6 Análise estatística-----	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	33
4.1 Cana-de-açúcar-----	33
4.1.1 Perfilhamento-----	33
4.1.2 Biometria dos colmos-----	37
4.1.3 Produção de colmos-----	42
4.1.4 Produção de açúcar-----	46
4.1.5 Análise tecnológica na cana-----	49
4.1.6 Fósforo no caldo-----	53
4.2 Análises de solo-----	56
4.2.1 Fósforo no solo-----	56
4.2.2 Análise química do solo-----	61
4.3 Análise foliar da cana-de-açúcar-----	65
5 CONCLUSÕES-----	68
REFERÊNCIAS-----	69
ANEXOS-----	79

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar ocupa lugar de destaque na agricultura, por sua importância econômica, sendo uma das espécies mais cultivadas no mundo e alcançando mais de 80 países. No Brasil, o seu cultivo é uma das mais antigas atividades econômicas e ocupa cerca de 6 milhões de hectares (FNP Consultoria e Comércio, 2006), sendo o maior produtor mundial de cana e açúcar e o principal país do mundo a implantar, em larga escala, um combustível renovável alternativo ao petróleo. Hoje, o álcool é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas.

O aumento da safra brasileira de cana era esperado pelo mercado, uma vez que as usinas do país têm anunciado pesados investimentos em expansão de área e em novas unidades produtoras. Esse crescimento é consequência da melhoria da rentabilidade obtida pelo setor nos últimos anos, o que estimulou a expansão dos canaviais das usinas existentes e a implantação de novas unidades, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais (Triângulo Mineiro), Sul de Goiás e na Bacia do Rio Paraná, em Mato Grosso do Sul. A escolha destas regiões tem como razões o relevo propício à colheita mecanizada, a adequada precipitação pluviométrica e a proximidade das grandes redes logísticas para escoamento das produções até os portos.

Considerando que a cana-de-açúcar é cultivada em grande parte do território brasileiro como monocultura, e considerando também os efeitos negativos ocasionados pelo monocultivo, a prática da rotação de culturas na cana-de-açúcar pode provocar uma série de benefícios, como: economia na reforma do canavial; conservação do solo, devido à cobertura do mesmo na época chuvosa; controle de plantas daninhas; combate indireto às doenças e pragas, como a *Diatrea saccharalis* (Diatrea) e *Elasmopalpus lignosellus* (Lagarta elasmó), que se hospedam em plantas daninhas; aumento na produtividade de cana e produção de alimentos.

A região centro-sul possui grande afinidade com a adubação verde, uma vez que, na reforma do canavial, o solo permanece desprovido de vegetação por vários meses, sendo comum a ocorrência de elevadas precipitações pluviométricas neste período, tornando freqüente os problemas decorrentes de erosão. Além do que, após vários anos de monocultura, faz-se necessário a busca e incorporação de tecnologias disponíveis para o melhor manejo da área agrícola, visando o controle fitossanitário, melhoria da fertilidade do solo e incremento na produção agrícola.

Assim, o uso de leguminosas, além da tradicional contribuição de nitrogênio, também pode proporcionar aumento de fósforo no sistema solo-planta, pela capacidade de determinadas espécies solubilizar o fósforo que se encontra indisponível no solo para a maioria das plantas cultivadas, bem como pela facilidade de associação a fungos micorrízicos, como ocorre com o *Cajanus cajan* (Feijão guandu), *Leucaena leucocephala* (Leucena) e algumas *Crotalarias sp.*

Deste modo, dentre um conjunto de técnicas agrícolas, a rotação de culturas busca a implantação de cultivos alternados de diferentes culturas sequenciais, previamente definidas, em uma mesma área. Segundo Miyasaka et al. (1984), dentre as inúmeras vantagens proporcionadas pelo uso da rotação de culturas, estão: manutenção e melhoria da fertilidade do solo; diversificação de culturas na propriedade; melhoria na produtividade das culturas envolvidas; redução dos custos de produção e possível controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Sendo assim, a adoção da rotação de culturas é de fundamental importância para a manutenção da produtividade agrícola sustentável, e até mesmo dentro de um sistema de manejo para recuperação de solos de baixa fertilidade.

Desta forma, objetivou-se avaliar o efeito da rotação de culturas, com soja e *Crotalaria juncea* (Crotalária), em conjunto com a adubação fosfatada corretiva, nas características químicas do solo, aspectos tecnológicos e produtividade da cana-de-açúcar, cultivada em dois locais com tipos de solos e variedades diferentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta semiperene pertencente à família das Poaceae, sendo seu centro de origem a região leste da Indonésia e Nova Guiné (Mozambani et al., 2006). Típica de climas tropicais e subtropicais, a planta não se adaptou às tentativas para cultivá-la na Europa. Foi, contudo, o continente americano que ofereceu à cana-de-açúcar excelentes condições para seu desenvolvimento.

No Brasil, há indícios de que o cultivo da cana-de-açúcar seja anterior à época dos descobrimentos, mas seu desenvolvimento se deu posteriormente, com a criação de engenhos e plantações com mudas trazidas pelos portugueses. Atualmente, a cana-de-açúcar tem sido cultivada em escala comercial no Brasil desde a proximidade da linha do Equador, no estado do Amazonas, até regiões subtropicais, como no estado do Rio Grande do Sul, resultando numa diversidade de unidades edafoclimáticas (FNP Consultoria e Comercio, 2002).

Seis espécies de *Saccharum* são conhecidas: *S. officinarum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. spontaneum* e *S. robustum*. Atualmente, a cultura da cana-de-açúcar está alicerçada em variedades que são híbridos obtidos por um cuidadoso e criterioso trabalho de seleção e melhoramento genético entre as espécies conhecidas, fazendo com que características desejáveis para regiões e situações específicas sejam agrupadas através dos cruzamentos.

Os estádios fenológicos da cana-de-açúcar caracterizam-se por: brotação e emergência dos brotos, perfilhamento e estabelecimento da cultura, maturação e florescimento. De acordo com Segato et al. (2006), a maturação consiste no processo fisiológico de carregamento e armazenamento de sacarose nas células do parênquima dos colmos, e este processo pode ser estimulado pelo abaixamento da temperatura e déficit hídrico. A intensidade de acúmulo de sacarose é fortemente influenciada pelas condições ambientais, desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento vegetativo como, temperaturas mais baixas, períodos de seca moderados e carência de nitrogênio.

A maturação da cana-de-açúcar inicia pelos internódios inferiores do colmo e pode ser influenciada por fatores como clima, solo, tratos culturais e variedade. É necessário que haja uma deficiência térmica ou hídrica para que a cana-de-açúcar entre em maturação, caso contrário ela permanece vegetando sem acumular sacarose. Solos argilosos com maior capacidade de retenção hídrica podem retardar a maturação, por

outro lado, em solos arenosos, mais permeáveis, a maturação pode ser antecipada e acelerada (SEGATO et al., 2006).

A cana-de-açúcar é uma cultura que extrai e exporta do solo consideráveis quantidades de nutrientes. Segundo Zambelo e Orlando Filho (1981), a quantidade de macronutrientes exportados para produção de 100 toneladas de colmos na cana-planta foram: 154, 18, 153, 107, 51, e 47 kg de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, respectivamente. Enquanto, com relação à exportação de micronutrientes, observou-se uma exportação de 311, 287, 8.890, 2.838 e 722 g de boro, cobre, ferro, manganês e zinco, respectivamente. Estudo semelhante realizado por Orlando Filho (1993), com o objetivo de determinar a extração de nutrientes na produção de 100 toneladas de colmos, verificou a extração de: 143 kg de N, 19 kg de P, 174 kg de K, 87 kg de Ca, 49 kg de Mg, 44 kg de S, 235 g de B, 339 g de Cu, 7318 g de Fe, 2470 g de Mn e 592 g de Zn.

Fatores como a precipitação pluviométrica, a temperatura, a umidade relativa e as condições de insolação são condições climáticas importantes na disponibilidade hídrica e térmica para cultura cana-de-açúcar. Esses parâmetros têm efeito sobre o comportamento fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade. De acordo com Segato et al. (2006), a cana-de-açúcar é uma planta fotossensível de dia curto, sendo também termossensível. Da mesma forma o relevo, a geologia e a geomorfologia, que influenciam as características pedológicas, também estabelecem implicações diretas sobre o manejo da cultura, considerando a fertilidade do solo e todos os aspectos a ela relacionados (MELO et al., 1999).

Segundo Prado (2005), os ambientes de produção para a cana-de-açúcar são definidos em função das condições físicas, hídricas, morfológicas e mineralógicas dos solos. Para se determinar os ambientes de produção deve-se considerar os seguintes componentes: profundidade do solo, fertilidade, textura e disponibilidade hídrica do solo.

Observa-se que a produtividade da cultura da cana-de-açúcar é regida por diversos fatores intrínsecos à cultivar (aspectos genéticos), bem como fatores do clima, do solo e das práticas de manejo aplicadas na cultura. Ressalte-se, ainda, que todos esses fatores estão interagindo entre si, e que cabe aos profissionais ligados à cultura a integração dos efeitos desses fatores, para se obter as maiores produtividades econômicas.

2.2 Rotação de culturas

A monocultura, sem o uso de técnicas adequadas e com o passar dos anos, tende a provocar a degradação físico-químico-biológica dos solos e queda de produtividade nas culturas, propiciando condições mais favoráveis para o desenvolvimento de pragas, doenças e plantas invasoras (VILELA et al., 2003).

O assunto monocultivo da cana-de-açúcar e degradação do solo vem sendo intensamente estudado em vários países. Segundo Rosseto e Dias (2005), o uso de resíduos como vinhaça, torta de filtro e a palhada remanescente da colheita mecanizada da cana “crua” pode proporcionar incrementos na matéria orgânica do solo, minimizando o problema do monocultivo.

Na região centro-sul, durante a reforma do canavial, o solo permanece um longo período inutilizado, visto que, o término da colheita ocorre em meados de novembro e o plantio ocorre apenas nos meses de fevereiro/março. Durante todo este período o solo encontra-se exposto e sujeito a erosão.

O sistema de rotação mais utilizado na cultura da cana consiste na retirada dela, em setembro/outubro, destruição da soqueira, preparo do solo, visando a cultura em rotação a ser instalada, plantio da cultura anual, sua colheita em fevereiro/março, e o plantio da cana-de-açúcar logo em seguida.

O emprego de espécies leguminosas em rotação com a cultura da cana-de-açúcar no momento da renovação do canavial resultam em melhorias nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MASCARENHAS et al., 2002), aumentando a retenção dos nutrientes, o controle de plantas voluntárias, fitopatogênicas e da erosão do solo (MOURA, 1995).

Sistemas de rotação com plantas fixadoras de nitrogênio e plantas que possuem sistema radicular que explora grande volume de solo como a gramínea é preferida. Isso se deve ao fato de que enquanto as leguminosas fornecem nitrogênio ao solo, as gramíneas proporcionam uma reciclagem mais eficiente dos nutrientes no solo através da exploração de camadas mais profundas no perfil do solo. Mascarenhas et al. (1998) constataram que o cultivo da crotalária em sistema de rotação proporcionou incremento na produção das culturas de arroz e milho. Segundo os autores, este efeito positivo pode ser devido ao fornecimento de nitrogênio ao solo pela crotalária.

O plantio da cana em rotação com leguminosas, como a soja, além de se beneficiar do nitrogênio fornecido pela fixação biológica, também se beneficia dos

resíduos da adubação realizada na cultura da soja que não foi totalmente absorvida durante o ciclo da cultura (TANIMOTO, 2002). Embora predomine o cultivo de soja e amendoim em rotação com a cana, o uso de espécies de adubos verdes, principalmente a crotalária e a mucuna-preta, é prática comum em algumas áreas, podendo proporcionar aumentos na produção da cana de 22 a 47%, que representa acréscimo de até 5 Mg ha⁻¹ de açúcar (MASCARENHAS e TANAKA, 2000). Estudo comparando diferentes espécies de adubo verde em rotação com a cultura da cana-de-açúcar verificou que a incorporação dos resíduos de crotalária proporcionou maior velocidade na brotação da cana-de-açúcar (ANDRADE et al., 1982).

Alleoni e Beauclair (1995), analisando o efeito da rotação de amendoim e milho na produção de cana-planta, em solo classificado como Neossolo Quartzarênico Álico, observaram que o plantio da cana após o amendoim propiciou maior produção de colmos, tendo sido 32 % superior ao plantio da cana após o milho, com produção de cana de 111 Mg ha⁻¹, na área anteriormente cultivada com amendoim, e 84 Mg ha⁻¹, na área cultivada com milho. Os autores também verificaram, na rotação com amendoim, maior capacidade do solo em retenção de água, mostrando conteúdo de água de 10 a 50% maior do que nas áreas após milho. Segundo os autores, isto contribuiu para maior desenvolvimento da cana, considerando o fato do solo utilizado ser muito arenoso.

Glória et al. (1980), trabalhando com rotação de diversas leguminosas como adubo verde em área de reforma de canavial na região centro-sul, verificaram melhor desempenho da crotalária. E segundo análises químicas realizadas, constataram maior capacidade desta leguminosa em suprir completa ou parcialmente o nitrogênio necessário para o primeiro ciclo da cultura da cana (cana-planta). Estes resultados concordam com Mascarenhas et al. (1994), que avaliando o uso da adubação verde com crotalária em área cultivada com cana-de-açúcar, verificaram aumento de 27 Mg ha⁻¹ na produção de colmos e 3 Mg ha⁻¹ na produção de açúcar ao longo dos três primeiros cortes, em relação às áreas em pousio.

2.2.1 Adubação verde

A adubação verde é uma prática milenar com relatos de uso agrícola em muitos povos, como chineses, gregos e romanos, antes mesmo da era cristã. Atualmente, pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou

consorciação com as culturas comerciais, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície.

O emprego de espécies leguminosas na prática da adubação verde tornou-se clássico pelo fato de além destas propiciarem a adição de nitrogênio ao solo, a partir da fixação biológica de nitrogênio, também propiciam benefícios na melhoria das condições físicas, químicas e biológicas no solo. Segundo Faria et al. (2004), trabalhando com adubação verde ao longo de 6 anos, o cultivo de crotalária e o feijão-de-porco promoveu melhoria das características químicas do solo, com aumento na capacidade de troca catiônica (CTC), nos teores de matéria orgânica, e o cálcio trocável na camada de 0-10 cm. Os maiores teores de cálcio na superfície deve-se ao fato das leguminosas serem grande extratora deste nutriente. Os autores também verificaram um maior teor de matéria orgânica nas áreas cultivadas com crotalária.

Caceres e Alcarde (1995), estudando o efeito da adubação verde de leguminosas em rotação com cana-de-açúcar em solos de baixa fertilidade, observaram que dentre as diferentes espécies de leguminosas estudadas, a maior produção de matéria seca e a maior extração de nutrientes foram obtidas na *Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*. As áreas cultivadas com estas espécies proporcionaram maior produção de colmos no 1º corte da cana, não havendo diferença entre as espécies de adubo verde estudada com relação à qualidade tecnológica da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo. De acordo com Dinardo-Miranda e Gil (2005), o uso da adubação verde com *Crotalaria juncea*, em área de reforma do canavial, contribuiu para incrementar a produção de colmos em 20,8 Mg ha⁻¹.

Para a cana-de-açúcar, a prática da adubação verde com leguminosas é recomendada durante a reforma dos canaviais, pois conservando o terreno coberto impede sua erosão, diminui o desenvolvimento de plantas daninhas, auxilia a estruturação do solo, aumenta a retenção de água, aumenta a retenção de nutrientes através da elevação da Capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, absorve nutrientes das camadas mais profundas do solo, liberando-os posteriormente na camada superficial, além das suas mais conhecidas funções que são a fixação de nitrogênio atmosférico e o aumento da atividade microbiológica do solo, em função da matéria orgânica do material (AZEREDO et al., 1981).

A fixação biológica do nitrogênio, decorrente da adubação verde, representa significativa economia de nitrogênio mineral e, por conseguinte, dos custos da adubação mineral, principalmente na cana-planta em que o nitrogênio mineral pode ser totalmente

ou parcialmente suprimido. Segundo Calegari et al. (1993), algumas leguminosas como a crotalária podem adicionar ao solo de 150 a 165 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

O uso da crotalária como adubo verde é uma prática bastante difundida nas lavouras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo, especialmente em terrenos degradados que precisam ser recuperados. Além de abastecer o solo de nitrogênio, essa planta oferece vantagens, como o fornecimento da massa verde que protege a terra durante seu ciclo vegetativo. Nogueira et al. (1989), trabalhando em solo aluvial de textura argilosa, observaram o efeito da incorporação da crotalária na redução da densidade do solo, com conseqüente aumento na porosidade e incremento nos teores de matéria orgânica.

Macedo e Botelho (1995), avaliando os efeitos de seis espécies de leguminosas sobre a população de nematóides e cupins, na produção de cana-de-açúcar, verificaram que o cultivo da *Crotalaria juncea* conseguiu reduzir a população de cupins, enquanto a *Crotalaria spectabilis* inibiu a população de nematóides. A crotalária é capaz de reduzir a população de determinadas espécies de nematóides no solo por se comportarem como plantas não hospedeiras a determinadas espécies de nematóides, o que impede a reprodução e multiplicação destes fitonematóides no solo (SANTANA, 2003). Segundo Moura (1995), dois anos de rotação de cultura com crotalária em área de cana-de-açúcar infestada por *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica*, reduziu a população de nematóides no solo proporcionando incremento na produção da cana-de-açúcar. Dinardo-Miranda e Gil (2005) não observaram diferença entre as populações de *Meloidogyne javanica* nas raízes de cana-de-açúcar, cultivadas em áreas com e sem rotação com *Crotalaria juncea*, porém verificaram aumento na população de *Pratylenchus zae* nas áreas cultivadas com a leguminosa.

Magalhães et al. (1991), estudando o efeito na incorporação de adubos verdes (Mucuna-preta, trigo-sarraceno e crotalária) na solubilização de fósforo aplicado na forma de superfosfato triplo e fosfato-de-Patos-de-Minas sobre a produção de matéria seca de soja, observaram o melhor desempenho das plantas de soja após a incorporação de crotalária, independentemente da fonte de fósforo utilizada. Enquanto nos tratamentos que não receberam adubação fosfatada, a mucuna-preta apresentou o maior aproveitamento do fósforo existente no solo, o qual foi traduzido em maior produção de matéria seca.

As leguminosas são capazes de mobilizar nutrientes no solo, tornando-os disponíveis para outras culturas. Segundo Silva et al. (1985), trabalhando em solo ácido,

o uso de crotalária e mucuna como adubo verde melhorou o aproveitamento dos fertilizantes minerais fosfatados aplicados na forma de termofosfato e fosfato-de-rocha (Araxá). A crotalária apresentou maior absorção de P e maior produção de matéria seca quando adubada com termofosfato, enquanto a mucuna foi mais eficiente na extração do fósforo do solo aplicado na forma de fosfato-de-rocha.

2.3 Fósforo no solo

O fósforo é o nutriente que mais limita a produção vegetal em regiões tropicais (RAIJ, 1991; NOVAIS e SMYTH, 1999). Os solos das regiões tropicais, por estarem sujeito a um intenso processo de intemperização, apresentam grande quantidade de sítios de adsorção, ricos em sesquióxidos de Fe e Al, e pH baixo.

Considerando o grande avanço das atividades agrícolas na região do cerrado onde a disponibilidade de P, em condições naturais, é muito baixa, torna-se de extrema importância a busca de tecnologias com o objetivo de melhorar as condições agrícolas destes solos. A correção da acidez do solo é uma prática que contribui para aumentar a disponibilidade do P no solo e a eficiência dos fertilizantes fosfatados. Sendo assim, investimentos em calagem e fosfatagem têm contribuído bastante para a melhoria da fertilidade nos solos de cerrado.

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, grande parte do P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis, e apenas parte do P é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende, principalmente, da espécie cultivada, é afetada pela textura, tipo de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação do fertilizante também influenciam nesse processo (SOUZA e LOBATO, 2004).

Em geral, quanto maior a acidez, o teor de argila, e principalmente, quanto maior a presença de óxidos de Fe e Al, mais intenso é o processo de fixação do P nos solos tropicais (RAIJ, 1991; NOVAIS e SMYTH, 1999). O P tem tendência a formar compostos de solubilidade muito baixa com ferro, alumínio e cálcio. Este tipo de reação forma ligações covalentes de alta energia, e ocorre na solução do solo levando a formação de precipitados. As três principais formas inorgânicas de P encontradas em solos brasileiros são em ordem decrescente: P-Fe, P-Al, P-Ca. Os fosfatos adsorvidos pelo solo não formam imediatamente ligações muito estáveis, permanecendo na forma

lável e pouco lábil, capazes de retornar à solução do solo (RAIJ, 1991; YAMADA et al., 2004).

O fósforo apresenta baixa mobilidade no solo, ocorrendo principalmente por difusão, com taxa variando de 10^{-12} a 10^{-15} $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ (NOVAIS e SMYTH, 1999). Sendo assim, aplicações de fósforo a lanço seguidas de incorporação proporcionam maior volume de solo a ser explorado por interceptação radicular, isto propicia melhores condições para a planta absorver fósforo, água e outros nutrientes.

A aplicação do adubo fosfatado localizado no sulco de plantio possibilita maior relação fósforo por volume de solo, mas reduz a proporção de raízes que poderiam absorver os nutrientes. Enquanto a aplicação a lanço proporciona maior contato do fósforo com o solo, o que favorece a adsorção do fósforo (SOUSA e VOLKWEISS, 1987 a), mas propicia maior volume de solo a ser explorado pelas raízes em relação à adubação localizada (SOUZA e LOBATO, 2004). Barber (1985), citado por Kluthcoushi e Stone (2003), observou maior proliferação de raízes na porção de solo que recebeu fertilizante fosfatado.

A fosfatagem constitui-se de prática corretiva, com o objetivo de se elevar o teor de P no solo, potencializando a adubação de plantio. As principais conseqüências da fosfatagem são: maiores volumes de P em contato com o solo (maior fixação), maior volume de solo explorado pelas raízes, maior absorção de água e de nutrientes, melhor convivência com pragas do solo e aumento de produtividade (RIPOLI et al., 2006; VITTI e MAZZA, 2002). Segundo Dematê (2005), as melhores fontes fosfatadas para serem usadas na prática da fosfatagem na cultura da cana-de-açúcar são os fosfatos solúveis e os termofosfatos. Entretanto, alguns estudos demonstram o bom desempenho dos fosfatos naturais reativos, quando utilizados na adubação corretiva de P, propiciando aumento no teor de P do solo e ganho na produtividade da culturas envolvidas. (FIGUEIREDO FILHO, 2002; ROSSETO et al., 2002; ZANCANARO et al., 2002).

Morelli et al. (1991), trabalhando com solos de baixa CTC e baixo teor de fósforo, aplicaram termofosfato magnésiano em área total e no sulco de plantio, e verificaram que a aplicação a lanço foi mais eficiente nos dois primeiros cortes da cana, em relação à aplicação no sulco. Comparando a aplicação de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 a lanço e no sulco, houve incremento de 56 Mg ha^{-1} de colmos na aplicação a lanço. Entretanto, a associação das aplicações a lanço (200 kg ha^{-1}) e no sulco (100 kg ha^{-1}) apresentou resultado mais favorável do que as aplicações isoladas.

Recentemente, Souza e Lobato (2004) estabeleceram critérios para calcular as doses da adubação fosfatada corretiva total para a região do cerrado, de acordo com a disponibilidade de P no solo, com o teor de argila ou com o P-remanescente, em sistemas agrícola de sequeiro e irrigado. O P-remanescente é um índice da capacidade de retenção de P pelo solo, que se relaciona com o teor de argila do solo e sua mineralogia (ALVAREZ e FONSECA, 1990) e pode ser utilizado em substituição ao teor de argila.

A adoção de sistemas de cultivo que proporcione aumento da deposição de resíduos vegetais na superfície do solo, como plantio direto ou mesmo sistema de integração lavoura-pecuária, tem contribuído para ocorrência de complexas modificações na fertilidade do solo. Isto permite aumento considerável nos teores dos nutrientes, principalmente do P em superfícies, devido à deposição de material vegetal (MENEZES et al. 2002). A decomposição dos restos vegetais libera compostos orgânicos, que competem pelos mesmos sítios de adsorção do P, aumentando sua disponibilidade para as plantas. Outro efeito é a capacidade desses compostos orgânicos em formarem complexos estáveis com alumínio e ferro, reduzindo a precipitação do P.

2.4 Fósforo nas plantas

O P é um macronutriente primário essencial para o desenvolvimento das plantas, sendo absorvido preferencialmente na forma de íon ortofosfato (H_2PO_4^-). Após a absorção pelas plantas, o P é quase que imediatamente assimilado a compostos orgânicos. Ao contrário do que ocorre no solo, o P apresenta alta mobilidade na planta, transferindo-se rapidamente dos tecidos velhos para regiões de meristema ativo (RAIJ, 1991).

As limitações de P no início do ciclo vegetativo resulta em restrição no desenvolvimento das plantas, que são irreversíveis, mesmo se posteriormente houver fornecimento de P em níveis adequados (GRANT et al., 2001). A deficiência de P pode reduzir a taxa de fotossíntese, respiração, síntese de ácidos nucléicos e proteínas, diminuição da altura das plantas, atraso na emergência de folhas, redução na brotação e desenvolvimento radicular, as folhas apresentam coloração verde escura e algumas plantas podem expressar uma coloração vermelha ou arroxeada devido ao aumento de antocianina (DEMATÊ, 2005; GRANT et al., 2001; RAIJ, 1991; TAIZ e ZEIGER, 2004).

Embora o fósforo seja absorvido em pequenas quantidades pela cana-de-açúcar, se comparado com nitrogênio e potássio, exerce função-chave no metabolismo desta planta, particularmente em formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir de ATP e formação de sacarose (ALEXANDER, 1973). Durante o processo metabólico, o composto glicose-1-fosfato junta-se a frutose para formar a sacarose, matéria prima para a produção do açúcar e álcool.



Clements (1955) citado por Orlando Filho (1983), encontrou a seguinte ordem decrescente de P na cana-de-açúcar: tecidos meristemáticos, colmos em elongação, folhas jovens, folhas velhas e cana madura, demonstrando que o envelhecimento dos tecidos propicia menor concentração de P na cana-de-açúcar. Entretanto, Martins (2004), estudando o teor de fosfatos ao longo do colmo de cana em três variedades diferentes, observou uma maior concentração de P_2O_5 na região basal do colmo, em relação à região apical.

Apesar do P ser exportado em menores quantidades nos colmos de cana-de-açúcar que o nitrogênio e o potássio, esse nutriente exerce função chave no metabolismo da planta, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular e fotossíntese (MEYER, 1980). Raij et al. (1996) citam exportações de nutrientes em kg Mg^{-1} de colmos, de 0,9 para o nitrogênio, 0,2 para o fósforo e 1,1 para o potássio, em canaviais com produtividade variando entre 60 e 120 kg Mg^{-1} de colmos. Malavolta et al. (1997) citam exigência de 90 kg de N, 10 kg de P e 65 kg de K para uma produção de 100 Mg de colmos.

Gomes (2003), trabalhando com média de 12 cultivares em um Latossolo vermelho-amarelo, verificou a seguinte exportação dos nutrientes pelos colmos: 71 kg ha^{-1} de N, 14,2 kg ha^{-1} de P e 141 kg ha^{-1} de K. Contudo, observa-se que estes valores de nutrientes exportados encontrados pelo autor são valores médios e oriundos de diversos locais, solos, cultivares e anos agrícolas. Sendo que, estes fatores, além de afetarem a produção agrícola, também interferem na exportação de nutrientes.

Apesar do fósforo participar ativamente no processo de formação da sacarose, estudos com adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar não demonstraram resposta positiva em relação ao acúmulo de sacarose, ou seja, não houve incremento na produção de açúcar por área (ORLANDO FILHO e ZAMBELO JUNIOR, 1980;

SILVA, 1983; PEREIRA et al., 1995; ROSSETO et al., 2002; FIGUEIREDO FILHO, 2002).

Zancanaro et al. (2002), estudando fontes de P e métodos de adubação fosfatada em solo argiloso de cerrado no cultivo de três anos com a cultura da soja, verificaram as melhores produções de grãos de soja quando se associou a adubação fosfatada na semeadura da soja e a lanço incorporada. Tal fato mostra que em solo argiloso é essencial aplicar parte do P na linha de semeadura, mesmo em tratando-se de área com fosfatagem.

Segundo Gomes (2003), avaliando a extração de nutrientes em 12 cultivares de cana em 2 diferentes solos, um Latossolo Vermelho-Amarelo e Nitossolo Vermelho, verificou que apesar do Latossolo, considerado de menor fertilidade, ter apresentado menor produtividade de colmos, foi o que apresentou a maior exportação de P. Enquanto o Nitossolo, considerado como sendo de maior fertilidade, extraiu menor quantidade de P. O autor atribui estes resultados ao fato do Latossolo ter permitido maior facilidade para o desenvolvimento radicular, possibilitando assim maior exploração do solo.

De acordo com Korndörfer et al. (1998), trabalhando com doses de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico de textura média, a dose de 120 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ trouxe maior retorno econômico na produção acumulada de cana-planta + cana-soca, apesar do aumento na produção ter sido observado até a dose máxima empregada de 180 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio.

A adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar normalmente é realizada toda no sulco de plantio, dispensando o uso de adubação fosfatada na soqueira. Entretanto, existe controvérsia entre pesquisadores, enquanto alguns recomendam adubação de 30 a 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na soqueira (ZAMBELO JÚNIOR e AZEREDO, 1983; RAIJ et al., 1996), outros sugerem que todo o P seja colocado no sulco de plantio, devido à sua baixa mobilidade no solo, onde doses adequadas suprirão as necessidades da cana-planta e das soqueiras subseqüentes. Korndörfer e Alcarde (1992) verificaram o efeito da adubação fosfatada em cana-soca no aumento da concentração foliar de P na cana de 1º soca. Segundo Dematê (2005), no decorrer dos ciclos da cana, ocorre redução na saturação por bases e no pH, esta condição proporciona menor eficiência na absorção do P. Assim sendo, o uso de calcário juntamente da adubação fosfatada na soqueira poderá possibilitar melhor resposta da adubação fosfatada nas soqueiras da cana-de-açúcar. Segundo Korndorfer (2004), é possível observar resposta à adubação fosfatada na

soqueira quando o solo recebe calagem e o cálcio não é o nutriente limitante. Raij (2004) cita efeito da calagem no incremento das concentrações foliares das culturas de feijão, girassol e soja, demonstrando que o efeito da calagem no aumento do pH aumenta a disponibilidade de P no solo.

Jarussi (1998), avaliando adubação fosfatada em cana de 3º corte com termofosfato e super-fosfato- triplo aplicado superficialmente e incorporado na entrelinha, verificou maior produção de colmos quando houve incorporação do P, isto ocorreu devido à baixa mobilidade do P no solo.

Segundo Raij (1997), as concentrações adequadas de P na folha da cana encontram-se em torno de 1,5 e 3,0 g kg⁻¹. Korndörfer e Alcarde (1992), avaliando efeito da adubação fosfatada na concentração foliar de P na cana-planta e cana-soca, verificaram um maior teor foliar de P na cana-planta, indicando a possibilidade de haver níveis críticos diferentes de P na folha para cana-planta e cana-soca.

Rosseto (2002), trabalhando com adubação fosfatada na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na cana-planta em Neossolo Quartzarênico, obteve teores de P na folha de 2,8 g kg⁻¹, enquanto a testemunha apresentou apenas 2,0 g kg⁻¹ de P na folha. Ao passo que, Cantarella (2002), trabalhando com doses de P em Neossolo quartzarênico, não obteve diferença na concentração foliar de P na cana-planta, mas observou efeito das doses de P no aumento das concentrações foliares de N e K.

Estudos demonstram que a cana-de-açúcar apresenta baixa eficiência em aproveitar o P da adubação. Cerca de 35% do P adicionado no sulco de plantio foi acumulado na parte aérea, sendo que parte deste P acumulado é proveniente do adubo e outra parte do P já existente no solo (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992). Estes mesmos autores verificaram maior capacidade da cana-soca em extrair P do solo, em relação à cana-planta, e atribuíram este resultado ao fato de parte do sistema radicular da cana-planta permanecer no solo após o corte, contribuindo de modo significativo na exploração mais rápida do volume de solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e solo

O trabalho foi constituído por dois experimentos, os quais foram instalados na Usina Jalles Machado S.A. localizada no município de Goianésia – GO. O Experimento I foi conduzido na Fazenda Tapajós, caracterizada por apresentar solo de textura argilo-arenosa, com histórico de cultivo de cana-de-açúcar. O Experimento II foi instalado na Fazenda Cristalina, sobre solo de textura franco-argilo-arenosa, com histórico de cultivo com a forrageira *Brachiaria humidicula*.

Amostras de solo, dos Experimentos I e II, foram retiradas no 1º semestre de 2003 e encaminhadas para análise química (Tabela 1) e física (Tabela 2) antes da instalação dos experimentos.

TABELA 1. Caracterização química dos solos da Fazenda Tapajós (Experimento I) e Fazenda Cristalina (Experimento II) antes da instalação dos experimentos

Prof.	MO	P _{meh-1}	P _{rem}	K	Ca	Mg	t	T	H+Al	pH	m	V
-----Experimento I-----												
---cm---	- g kg ⁻¹ -	----- mg dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	mmol _c dm ⁻³ -----	-----	CaCl ₂	-----	---- % ----	----
0 -20	26,0	12,0	20,6	29,0	22,0	8,2	34,7	75,5	44,6	5,3	13	41
20-40	25,2	9,0	---	31,0	9,5	4,7	23,8	66,6	51,6	4,8	38	22
-----Experimento II-----												
---cm---	- g kg ⁻¹ -	----- mg dm ⁻³ -----	-----	-----	-----	-----	mmol _c dm ⁻³ -----	-----	CaCl ₂	-----	---- % ----	----
0 -20	29,2	2,0	12,4	47,8	8,0	6,1	21,3	62,0	46,7	5,2	33	24
20-40	26,8	1,2	---	31,8	3,6	2,6	13,7	48,1	41,2	4,9	49	14

P_{meh-1} e K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; t - CTC efetiva; T - CTC potencial (a pH 7,0); V - saturação por bases; m - saturação por alumínio (Embrapa, 1997). P-rem - Fósforo remanescente (Alvarez et al., 2000).

TABELA 2. Caracterização física dos solos da Fazenda Tapajós (Experimento I) e Fazenda Cristalina (Experimento II) antes da instalação dos Experimentos.

Prof.	Argila	Silte	Areia	Textura
----- Experimento I -----				
----- cm -----	----- g kg ⁻¹ -----			
0 -20	530	120	350	Argilo-arenoso
20-40	540	110	350	Argilo-arenoso
----- Experimento II -----				
----- cm -----	----- g kg ⁻¹ -----			
0 -20	381	88	531	Franco-argilo-arenoso
20-40	396	74	531	Franco-argilo-arenoso

Análise textural método da pipeta (EMBRAPA, 1997).

A altitude da região situa-se em torno de 680 m e o clima caracteriza-se por verão chuvoso e inverno seco, com precipitação anual variando em torno de 1.000mm a 1.700mm. Durante o período de condução do experimento, a precipitação alcançou 1.269mm, 1.569mm e 1.067mm, respectivamente, nos anos agrícolas de 2003, 2004 e 2005, sendo que a precipitações mensais encontram-se na Figura 1.

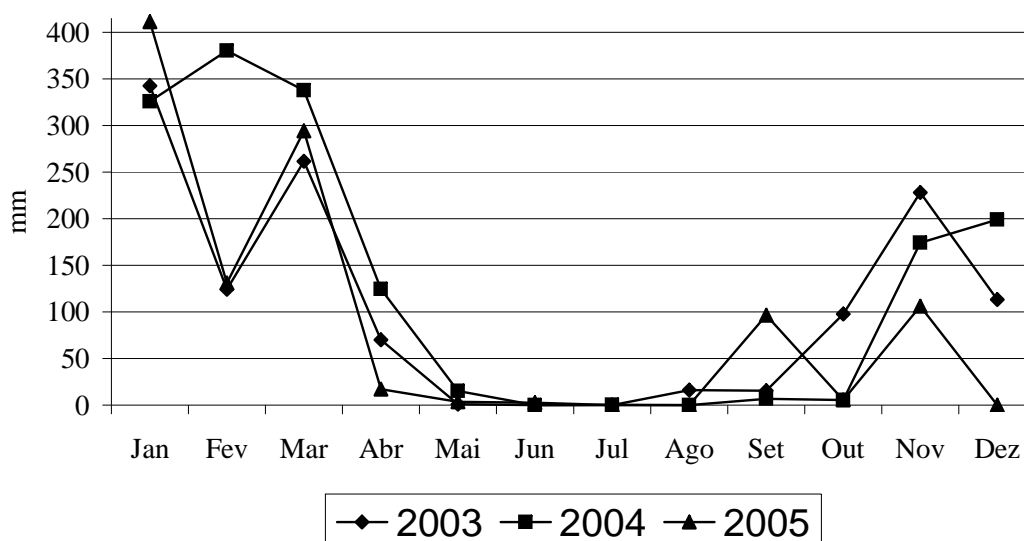


Figura 1. Precipitação pluvial mensal durante o período de condução do experimento.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento adotado nos dois experimentos foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas em esquema fatorial 5 x 2, sendo cinco sistemas de rotação (Pousio, 1 ciclo de soja, 2 ciclo de soja, 1 ciclo de crotalária e 2 ciclo de crotalária) na presença e ausência de fosfatagem. Os experimentos foram compostos por um total de 10 tratamentos com quatro repetições, totalizando 40 parcelas de 50 m de comprimento por 50 m de largura, sendo estas divididas em subparcelas de 25 m de comprimento por 50 m de largura.

O fator de estudo das parcelas foi diferentes sistemas de rotação com leguminosas (soja e crotalária) em rotação com a cultura da cana-de-açúcar, enquanto o fator de estudo das subparcelas foi a presença ou ausência de fosfatagem. Os tratamentos foram: I - pousio sem fosfatagem; II - pousio com fosfatagem; III - 1 ciclo de soja sem fosfatagem; IV - 1 ciclo de soja com fosfatagem; V - 2 ciclos de soja sem fosfatagem; VI - 2 ciclos de soja com fosfatagem; VII - 1 ciclo de crotalária sem fosfatagem; VIII - 1 ciclo de crotalária com fosfatagem; IX - 2 ciclos de crotalária sem fosfatagem; X - 2 ciclos de crotalária com fosfatagem.

3.3 Preparo do solo

A calagem nos Experimentos I e II foi realizada em outubro de 2003. Utilizou-se o método de recomendação por saturação de bases objetivando sua elevação para 60%. O corretivo utilizado foi o calcário dolomítico com PRNT de 85%, nas doses de 1,7 e 2,6 Mg ha⁻¹, respectivamente no Experimento I e II. Sendo que, logo após aplicação, o produto foi incorporado ao solo com grade aradora.

A fosfatagem aplicada nas subparcelas também foi efetuada no mês de outubro, logo após a calagem. A fonte de fósforo (P) utilizada foi o termofosfato magnésiano, na dose de 1000 kg ha⁻¹ do produto comercial, o qual adicionou ao solo 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 200 kg ha⁻¹ de cálcio, 70 kg ha⁻¹ de magnésio, 40 kg ha⁻¹ de enxofre e 90 kg ha⁻¹ de silício. Após aplicação, o produto foi incorporado ao solo com grade aradora (Figura 2 e 3).

A composição do termofosfato magnésiano segue conforme as garantias do fabricante: 17% de P₂O₅ total, 13% P₂O₅ solúvel em ácido cítrico à 2%, 20% de cálcio, 7% de magnésio, 4% de enxofre e 9% de silício.



Figura 2. Pesagem do termofosfato magnésiano.

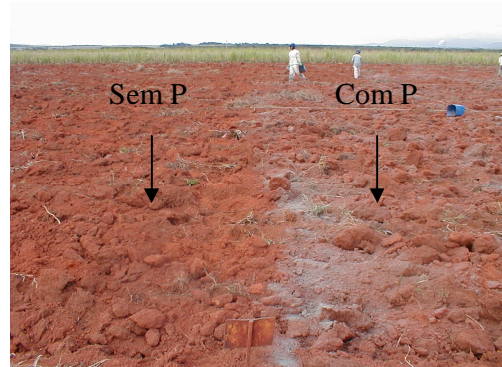


Figura 3. Subparcela sem e com fosfatagem

3.4 Plantio e tratos culturais

3.4.1 Soja

A variedade de soja utilizada nos Experimentos I e II foi Engopa 316 de ciclo precoce, semeada no espaçamento de 0,45 m, o stand estabelecido foi de 355.000 plantas ha⁻¹. A semeadura foi realizada em novembro de 2002 e novembro de 2003, e as colheitas foram manuais e realizadas em março de 2003 e março de 2004.

Na adubação de semeadura utilizou-se 450 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-15 + 45 kg de FTE BR12. As sementes foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, e não foi realizada adubação de cobertura e nem adubação foliar com micronutrientes.

3.4.2 Crotalária

A espécie cultivada nos Experimentos I e II foi a *Crotalaria juncea* (crotalária), sendo semeada no espaçamento de 0,45 m, utilizou-se 20 kg ha⁻¹ de sementes. A semeadura foi realizada em novembro de 2002 e novembro de 2003. Não houve adubação na semeadura e nem de cobertura. Ao atingir a fase de pré-florescimento, a crotalária foi incorporada ao solo com o uso de grade-aradora. A primeira incorporação dos restos vegetais de crotalária ocorreu em 3 de março de 2003, e a segunda incorporação em 2 de março de 2004. Logo após a incorporação do primeiro ano de

cultivo, o solo permaneceu em pousio até que fosse realizado o segundo plantio em novembro de 2003. E logo após a segunda incorporação dos restos vegetais da crotalária, procedeu-se o plantio da cana-de-açúcar.

3.4.3 Cana-de-açúcar

O plantio da cana ocorreu em 29 de março de 2004, no Experimento I, e 4 de março de 2004, no Experimento II. O espaçamento utilizado foi de 1,40 m, deixando 18 gemas/m linear. A variedade plantada no Experimento I foi a SP79-1011, enquanto no Experimento II utilizou-se a variedade SP86-0155. Apenas no Experimento I fez-se necessário o uso de irrigação para garantir melhor desenvolvimento das plantas. Isto devido ao fato do plantio ter sido mais tardio. Aplicaram-se duas irrigações de 80 mm cada, sendo a primeira logo após o plantio e a segunda 30 dias após o plantio.

Após o preparo do solo com grade aradora, procedeu-se a sulcação para o plantio da cana (Figuras 4 e 5). O plantio foi manual, e durante a etapa de cobertura aplicou-se inseticida para o controle de pragas de solo com ingrediente ativo fipronil, na dose de 50 g ha⁻¹ do produto comercial, sendo a vazão utilizada de 50 L ha⁻¹. A quebra-do-lombo (sistematização da área) foi feita aos 60 dias após o plantio e o controle das plantas daninhas se deu por capina manual. As colheitas ocorreram 14 meses após o plantio, mais precisamente nos dias 12 e 18 de maio de 2005, respectivamente nos Experimentos I e II.



Figura 4. Área experimental após a sulcação



Figura 5. Brotação da cana-de-açúcar após o plantio

Na adubação de plantio utilizou-se 600 kg ha⁻¹ do adubo 04-28-20 + 0,4 % de zinco na forma sólida, totalizando uma aplicação de 24 kg ha⁻¹ de N, 168 kg ha⁻¹ de

P_2O_5 , 120 kg ha⁻¹ de K_2O e 2,4 kg ha⁻¹ de Zn. Na adubação da soqueira utilizou-se adubação líquida, aplicando-se 125 kg ha⁻¹ de K_2O na forma de cloreto de potássio e 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de aquamônia.

3.5 Avaliações efetuadas

3.5.1 Solo

3.5.1.1 Análise do solo

O solo foi amostrado, nos Experimentos I e II, aos 8 meses de desenvolvimento da 1ª soqueira. As amostras foram retiradas na entrelinha da cultura, na profundidade de 0-20 cm, sendo cada amostra composta por cinco subamostras em cada subparcela. As amostras foram submetidas às análises de pH, matéria orgânica, fósforo (mehlich-1 e resina), potássio, cálcio, magnésio, alumínio, hidrogênio + alumínio e saturação de bases (Embrapa, 1997).

3.5.2 Cana-de-açúcar

3.5.2.1 Perfilhamento

As análises de perfilhamento foram efetuadas nas seis linhas centrais de cana, no comprimento de 24 m/subparcela. Os períodos de avaliação foram aos 90, 120, 150 e 180 dias após o plantio.

3.5.2.2 Análise Foliar

As análises foliares foram feitas a partir da coleta da folha +3 TVD (Gallo et al., 1962; Malavolta et al., 1989) aos oito meses de desenvolvimento da 1ª soqueira, sendo cada amostra composta por 20 folhas. Do material amostrado, retirou-se apenas o terço médio das folhas sem as nervuras, as quais foram encaminhadas para secagem em estufa com temperatura de 60-65°C, e posterior análise da concentração foliar de P (Malavolta et al., 1997).

3.5.2.3 Biometria e análises tecnológicas

As análises de biometria (comprimento e diâmetro dos colmos) e as análises tecnológicas (POL, BRIX e P₂O₅ no caldo) foram realizadas a partir de 10 colmos coletados ao acaso no momento da colheita da cana-planta. A medida do diâmetro do colmo foi feita no terço médio dos colmos, e o comprimento medido da base do colmo até o último entrenó, conhecido como ponto-de-quebra. Em seguida, os colmos foram encaminhados ao laboratório para as análises de POL da cana, BRIX do caldo e P₂O₅ no caldo, segundo metodologia descrita por Caldas (1998).

3.5.2.4 Produção de colmos e açúcar

A produtividade, tanto de colmos quanto de açúcar, foi com base na cana-planta colhida na área útil de cada parcela nos Experimentos I e II, onde se considerou as 10 linhas centrais no comprimento de 24 m, correspondendo a 336 m². A produtividade de açúcar baseou-se na produtividade de colmos e no teor de POL da cana.

3.6 Análise estatística

Os resultados experimentais: perfilhamento, biometria dos colmos, produção de colmos, produção de açúcar, análise de nutrientes no solo e na folha foram submetidos à análise de variância e teste de média com o auxílio do programa estatístico SISVAR[®]. As médias dos tratamentos e as interações, quando significativas, foram comparadas entre si pelo testes de Tukey ($P \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cana-de-açúcar

4.1.1 Perfilhamento

Conforme mostrado na Tabela 3, não houve interação significativa no Experimento I entre os sistemas de rotação e fosfatagem, bem como a presença e a ausência de fósforo não influenciou o número de perfilhos contados aos 90, 120 e 180 dias. Provavelmente, a não resposta, em relação a fosfatagem no perfilhamento da cana-de-açúcar no Experimento I, deve-se ao fato deste solo apresentar teores iniciais de fósforo (Tabela 1) adequado ao cultivo de culturas conduzidas em sistema de sequeiro (SOUZA e LOBATO, 2004). Estes resultados concordam com Jarussi (1998) que, trabalhando com doses de termofosfato em cana-soca aplicada superficialmente na linha e incorporado na entrelinha, também não observou diferença em relação ao número de perfilhos na cana de 3ª soca.

Entretanto, os sistemas de rotação proporcionaram melhor perfilhamento nas avaliações realizadas aos 90, 120 e 180 dias (Tabela 3). Os maiores perfilhamentos foram observados nas áreas com 2 cultivos consecutivos de crotalária, os quais não diferiram estatisticamente das áreas com soja, diferindo apenas das áreas em pousio (sem rotação). Enquanto nas áreas de pousio as avaliações aos 90, 120, 180 dias apresentaram 10, 14 e 12 perfilhos/m linear, respectivamente, e as áreas com 2 anos de crotalária emitiram 12, 17 e 14 perfilhos/m linear. Tal resultado mostra o benefício do uso da adubação verde com crotalária no perfilhamento da cana-de-açúcar em solo de textura argilo-arenosa.

Estudo semelhante foi realizado por Andrade et al. (1982) que, estudando o efeito da incorporação dos resíduos de crotalária na cultura da cana-de-açúcar, verificaram maior velocidade na brotação da cana-de-açúcar nas áreas que receberam incorporação dos resíduos de crotalária. De acordo com Segato et al. (2006), há grande relação da produtividade na cana-de-açúcar com a brotação e o perfilhamento, pois a maior brotação e perfilhamento refletem em maior número de colmos, que por sua vez afetará a produtividade da cana-de-açúcar.

Tabela 3. Perfilhamento da cana-planta no Experimento I, nas avaliações realizadas aos 90, 120, e 180 dias após o plantio.

Manejo	Perfilhamento aos 90 dias		Média	Perfilhamento aos 120 dias		Média	Perfilhamento aos 180 dias		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
----- número de perfilhos/m linear -----									
Pousio	10	10	10 b	14	14	14 b	12	12	12 b
1 ciclo de soja	11	11	11 ab	16	16	16 ab	13	13	13 ab
2 ciclo de soja	11	11	11 ab	16	16	16 ab	13	13	13 ab
1 ciclos de crotalária	12	12	12 a	16	16	16 ab	13	13	13 ab
2 ciclos de crotalária	12	12	12 a	17	17	17 a	14	14	14 a
Média	11 A	11 A		16 A	16 A		13 A	13 A	
CV ₁		9,79 %			11,00 %			5,64 %	
CV ₂		11,24 %			9,75 %			7,66 %	
DMS (manejo)		1,743			2,767			1,173	
D.M.S (fósforo)		0,835			1,002			0,664	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fósforo)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Assim sendo, os tratamentos com dois anos de cultivos de crotalária podem ter favorecido uma melhor brotação da cana-de-açúcar no plantio. Segundo Mascarenhas e Tanaka (2000), além do benefício no fornecimento de nitrogênio pelo uso da adubação verde, também ocorre melhoria nos aspectos físico-químico-biológicos do solo.

De acordo com a Tabela 4, não houve interação significativa no Experimento II entre sistemas de rotação e fosfatagem no número de perfilhos analisados aos 90, 120 e 180 dias. Também não houve influência dos sistemas de rotação no número de perfilhos avaliados nesse experimento (Tabela 4), discordando dos resultados obtidos no Experimento I.

Essa diferença entre os dois experimentos pode ser explicada, em parte, pela característica física dos dois solos, ou seja, no Experimento I, onde o solo apresentou maior teor de argila, houve maiores benefícios da adubação verde influenciando o número de perfilhos, em relação ao experimento II, onde o solo teve menor teor de argila. Nogueira et al. (1989), trabalhando com solo de textura argilosa, observaram que a incorporação de *C. juncea* reduziu a densidade do solo, aumentando a porosidade e os teores de matéria orgânica do solo.

Pesquisas demonstram que o desenvolvimento das raízes da cana-de-açúcar passa a ficar comprometido com o aumento da densidade do solo. Gonçalves (2006) cita que o intenso trânsito das máquinas agrícolas nas lavouras de cana-de-açúcar ocasiona maior compactação em solos com teores de argila mais elevados. Segundo Resende et al. (2002), existe um predomínio de microporos, nos solos argilosos, que pode dificultar o melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas em relação aos solos arenosos.

Com relação à fosfatagem, apenas na avaliação realizada aos 120 dias houve diferença estatística entre as áreas com e sem fósforo. Os maiores valores médios de perfilhos emitidos até os 120 dias foram obtidos nas áreas de fosfatagem, com 20 perfilhos/m linear, enquanto os menores valores ocorreram nas áreas sem fosfatagem, com 17 perfilhos/m linear. Estes resultados estão de acordo com Melo (2005) que, trabalhando com doses de P na *Brachiaria brizantha*, verificou efeito da adubação fosfatada no maior perfilhamento das plantas. Segundo Werner (1986) o fornecimento de P é muito importante nos períodos iniciais das gramíneas, pois a baixa disponibilidade deste nutriente no solo não permite bom perfilhamento das plantas.

Tabela 4. Perfilhamento da cana-planta no Experimento II nas avaliações realizadas aos 90, 120, e 180 dias após o plantio.

Manejo	Perfilhamento aos 90 dias		Média	Perfilhamento aos 120 dias		Média	Perfilhamento aos 180 dias		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- número de perfilhos/m linear -----								
Pousio	13	14	14 a	15	20	17 a	26	26	26 a
1 ciclo de soja	14	14	14 a	15	17	16 a	25	27	26 a
2 ciclo de soja	14	14	14 a	18	21	19 a	27	27	27 a
1 ciclos de crotalária	14	14	14 a	17	18	17 a	26	26	26 a
2 ciclos de crotalária	14	14	14 a	19	22	20 a	27	27	27 a
Média	14 A	14 A		17 B	20 A		26 A	27 A	
CV ₁		8,71 %			17,60 %			6,84 %	
CV ₂		8,93 %			13,46 %			8,88 %	
DMS (manejo)		1,944			3,068			2,894	
D.M.S (fósforo)		0,831			1,616			1,566	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fósforo)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Entretanto, estes resultados discordam dos obtidos no Experimento I, onde a fosfatagem não afetou o perfilhamento em nenhuma das épocas de avaliações de perfilhamento realizadas. Isto se explica pelo fato do solo no Experimento I apresentar maior teor inicial de P disponível antes da instalação do experimento (Tabela 1), enquanto no Experimento II o solo encontrava-se com teor inicial de P disponível muito baixo (SOUZA e LOBATO, 2004). Assim sendo, apenas o Experimento II apresentou resposta com relação à fosfatagem no maior perfilhamento da cana-de-açúcar, pelo fato deste apresentar um solo com menor teor inicial de P disponível para as plantas (Tabela 1), que permitiu resposta à adubação fosfatada corretiva.

Verificou-se maior perfilhamento da variedade SP86-0155, plantada no Experimento II (Tabela 4), em relação à variedade SP79-1011, plantada no Experimento I (Tabela 3). Isto se explica provavelmente pelo fato da variedade SP86-0155 apresentar em sua constituição genética maior capacidade de perfilhamento e comprimento de colmos, o que confere a esta maior potencial produtivo. Enquanto a variedade SP79-1011, plantada no Experimento I, deve apresentar em sua constituição genética uma menor capacidade de perfilhamento, o que confere a esta menor potencial produtivo.

4.1.2 Biometria dos colmos

No Experimento I, não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, com relação ao diâmetro dos colmos (Tabela 5), sendo influenciado pelos sistemas de rotação. O maior diâmetro de colmos foi observado no tratamento com 2 ciclos de soja, o qual apresentou diâmetro médio de 2,65 cm, diferindo estatisticamente do tratamento pousio, com diâmetro médio de 2,48 cm (Tabela 5).

Conforme mostrado na Tabela 5, nota-se que, no Experimento I, houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem para a variável comprimento dos colmos. A presença de fosfatagem afetou apenas as áreas de 1º ciclo de crotalaria, elevando o comprimento dos colmos de 2,27 m para 2,38 m (Tabela 5). Isto se explica pelo fato das áreas com cultivo de crotalaria não terem recebido adubação fosfatada na semeadura, enquanto que as áreas com soja receberam 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura, em cada ano de cultivo. E provavelmente os resíduos de adubação na semeadura da soja foram suficientes para favorecer o melhor aproveitamento do fósforo residual pela cana, influenciando no maior comprimento dos colmos, mesmo nas áreas que não receberam fosfatagem.

Tabela 5. Biometria (diâmetro e comprimento) dos colmos na cana-planta, no Experimento I, no momento da colheita.

Manejo	Diâmetro de Colmos		Média	Comprimento de colmos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- cm-----			----- m-----		
Pousio	2,53	2,43	2,48 b	2,17 c A	2,16 b A	2,17 c
1 ciclo de soja	2,50	2,63	2,56 ab	2,22 bc A	2,24 ab A	2,23 bc
2 ciclo de soja	2,60	2,70	2,65 a	2,36 ab A	2,36 a A	2,36 ab
1 ciclos de crotalária	2,53	2,50	2,52 ab	2,27 bc B	2,38 a A	2,32 ab
2 ciclos de crotalária	2,55	2,55	2,55 ab	2,42 a A	2,38 a A	2,40 a
Média	2,54 A	2,56 A		2,29 A	2,30 A	
CV ₁		3,93 %			3,96 %	
CV ₂		5,61 %			1,80 %	
DMS (manejo)		0,159			0,152	
D.M.S (fósforo)		0,097			0,105	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fósforo)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

O fato das áreas com dois ciclos de crotalária não terem apresentado respostas à fosfatagem, com relação ao comprimento dos colmos, pode ser explicado pela melhor eficiência da crotalária no uso do fósforo (orgânico e mineral) presente no solo. Desta a mineralização do P acumulado nos restos vegetais da crotalária favoreceu o maior comprimento dos colmos na cultura da cana-de-açúcar plantada logo em seguida, mesmo nas áreas com ausência de fosfatagem. Conforme mostrado no Anexo 3, a quantidade de P extraída pela crotalária nas áreas com dois cultivos consecutivos foi superior à áreas com apenas um cultivo, mostrando que a mineralização dos restos vegetais da crotalária oriundos do primeiro cultivo, provavelmente disponibilizou P para o cultivo seguinte, visto que, houve maior absorção de P pelas plantas de crotalária nas áreas com 2 cultivos (Anexo 3).

Dessa forma, os dois cultivos consecutivos de crotalária permitiram maior extração do P existente no solo de textura argilo-arenosa (53% de argila), o qual foi acumulando nos restos vegetais da crotalária. Segundo Rajj (1991), pelo fato dos solos argilosos apresentarem maiores teores de matéria orgânica, em relação aos solos arenosos, existe um maior predomínio de P ligado aos compostos orgânicos. O P acumulado nos restos vegetais recebe denominação de P orgânico, e consegue ser mais facilmente disponível para as plantas, minimizando os processos de adsorção de P pelo solo, pois sua liberação ocorre gradativamente de acordo com a mineralização da matéria orgânica (NOVAIS e SMYTH, 1999). De acordo com Busato et al. (2005a), estudando o efeito da palhada da cana em área de cana crua e cana queimada, as áreas de cana crua possibilitaram um maior incremento de P orgânico na solução do solo, em relação às áreas de cana queimada. Segundo o autor, a mineralização da palhada nas áreas de cana crua disponibilizou formas lábeis de P orgânico para a solução do solo, reduzindo a adsorção de P no solo.

Verifica-se, pelo fato do solo do Experimento I ser constituído de textura argilo-arenosa, que lhe confere elevada capacidade de adsorção de P, a influência do P orgânico proveniente dos restos vegetais da crotalária nas áreas sem fosfatagem, pois não houve diferença estatística no comprimento dos colmos nas áreas com e sem fosfatagem cultivadas com dois ciclos consecutivos de crotalária (Tabela 5). Segundo Silva et al. (1985), estudando diversas leguminosas como adubos verdes, o cultivo de crotalária apresentou o melhor aproveitamento da adubação fosfatada na forma de termofosfato. Outro estudo, avaliando o uso de adubação fosfatada com fosfato de rocha

e superfosfato-triplo na produção de soja, não constatou diferença na produção de soja entre as duas fontes após a incorporação de crotalária (MAGALHÃES et al., 1991).

A Tabela 6 mostra que não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, com relação ao diâmetro médio dos colmos no Experimento II. Os sistemas de rotação com soja e crotalária apresentaram maiores diâmetros dos colmos, diferindo estatisticamente do tratamento em pousio, o qual apresentou o menor diâmetro, com valores médios de 1,96 cm (Tabela 6). As áreas com fosfatagem incrementaram ainda mais o diâmetro médio dos colmos, com valor médio de 2,13 cm, diferindo estatisticamente dos tratamentos sem fosfatagem, os quais apresentaram valor médio de diâmetro dos colmos de 2,0 cm. Estes resultados discordam dos obtidos no Experimento I (Tabela 5) em que não houve efeito da fosfatagem no diâmetro dos colmos. Isto ocorreu, provavelmente, porque o solo do Experimento I apresentava maior teor inicial de P disponível no solo, conforme mostrado na Tabela 1. Enquanto o solo do Experimento II apresentava teor muito baixo de P disponível.

Com relação ao comprimento dos colmos, observa-se que houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem no Experimento II (Tabela 6). Na ausência de fosfatagem, os tratamentos com 1 e 2 anos de rotação com soja apresentaram os maiores comprimentos de colmos, com 2,81 m e 2,83 m, diferindo estatisticamente do tratamento em pousio, o qual apresentou o menor comprimento de colmos, com 2,60 m. Isto ocorreu devido ao efeito residual da adubação fosfatada realizada na semeadura da soja, pois foram adicionados, ao longo dos cultivos, 90 e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ ao solo, nas áreas com 1 e 2 cultivos de soja, respectivamente.

Nos tratamentos em pousio, 1 cultivo e 2 cultivos de crotalária foram influenciados pela presença de fosfatagem, diferindo estatisticamente dos tratamentos sem fosfatagem (Tabela 6). Os incrementos foram de 9,1%; 2,5% e 4,5%, nos tratamentos em pousio, 1 e 2 ciclos de crotalária, respectivamente. Isto porque estas áreas não receberam nenhum tipo de adubação fosfatada antes do cultivo da cana-de-açúcar, mostrando resposta deste solo à adubação fosfatada corretiva, em relação ao maior comprimento dos colmos (Tabela 6).

Tabela 6. Biometria (diâmetro e comprimento) dos colmos da cana-planta, no Experimento II, no momento da colheita.

Manejo	Diâmetro de Colmos		Média	Comprimento de colmos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- cm-----			----- m-----		
Pousio	1,84	2,09	1,96 b	2,60 b B	2,86 a A	2,73 a
1 ciclo de soja	2,04	2,11	2,07 a	2,81 a A	2,87 a A	2,84 a
2 ciclo de soja	2,10	2,14	2,12 a	2,83 a A	2,86 a A	2,85 a
1 ciclos de crotalária	2,02	2,15	2,09 a	2,75 ab B	2,82 a A	2,78 a
2 ciclos de crotalária	2,00	2,19	2,09 a	2,75 ab B	2,88 a A	2,81 a
Média	2,00 B	2,13 A		2,75 B	2,86 A	
CV ₁		3,25 %			3,05 %	
CV ₂		3,99 %			2,40 %	
DMS (manejo)		0,107			0,160	
D.M.S (fósforo)		0,056			0,112	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fósforo)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

É importante citar que os valores referentes aos comprimentos dos colmos mostrados no Experimento II (Tabela 6) são superiores aos encontrados no Experimento I (Tabela 5). Essa diferença pode ser devido às diferenças entre os dois experimentos como: tipo de solo, características químicas e físicas dos solos, variedade da cana, pluviosidade, etc.

4.1.3 Produção de colmos

Conforme mostrado na Tabela 7, não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, assim como a presença e ausência de fósforo não influenciaram a produção de colmos no Experimento I. Demattê (2005) relatou que a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de termofosfato e fosfato natural reativo, aplicado a lanço em solo argiloso cultivado com cana-soca, proporcionaram incremento na produção de colmos de 19 e 8 Mg ha⁻¹, respectivamente, nas áreas que receberam termofosfato e fosfato natural reativo. Segundo o autor, área de soqueira permite maior resposta a adubação fosfatada, pois, ao longo dos ciclos da cana-de-açúcar, quantidades de P, que foram adicionadas no sulco do plantio, são exportadas do sistema. Enquanto no Experimento I, por tratar-se de uma fosfatagem realizada em cana-planta cultivada em solo argiloso com teor inicial de fósforo 12 mg dm⁻³ (Tabela 1), e ainda receber adubação de 168 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio, não foi possível verificar diferença estatística significativa na produção de colmos entre as áreas com e sem fosfatagem (Tabela 7).

Tabela 7. Produção de colmos na cana-planta, no Experimento I, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	Produção de colmos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
Pousio	85	86	86 d
1 ciclo de soja	89	90	89 cd
2 ciclos de soja	95	98	93 bc
1 ciclo de crotalária	91	95	97 ab
2 ciclos de crotalária	100	102	101 a
Média	92 A	94 A	
CV ₁		4,07	
CV ₂		3,77	

“...Continua...”

“TABELA 7, Cont.”

D.M.S. (manejo)	6,021
D.M.S. (fósforo)	2,363

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo) CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem).

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.
- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Os sistemas de rotação influenciaram a produção de colmos nas áreas do Experimento I. O tratamento com 2 ciclos de crotalária produziu 101 Mg ha⁻¹ de colmos, não diferindo estatisticamente do tratamento com 1 ciclo de crotalária, o qual produziu 97 Mg ha⁻¹, enquanto as menores produções de colmos foram observadas nos tratamentos em pousio e 1 ciclo de soja, com média de produção de colmos 86 Mg ha⁻¹ e de 89 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 7). Estes resultados estão de acordo com Cáceres (1994) que também obteve incremento de 14,6 Mg ha⁻¹ de colmos nas áreas cultivadas com crotalária, em relação às áreas em pousio. Já Dinardo-Miranda e Gil (2005) verificaram incremento na produção de colmos de 20,8 Mg ha⁻¹, nas áreas cultivadas com Crotalária, em relação às áreas em pousio.

O melhor desempenho da rotação com crotalária no Experimento I pode ser explicado pelo fato da incorporação dos restos vegetais da crotalária favorecer melhor aeração do solo, propiciando, assim o melhor desenvolvimento radicular, seguido de melhor exploração do perfil do solo de textura argilosa. Tal constatação concorda com os dados obtidos por Nogueira et al. (1989), o qual, avaliando os benefícios da incorporação de crotalária ao solo, observaram redução na densidade do mesmo, com conseqüente aumento na porosidade e incremento nos teores de matéria orgânica. O uso de adubação verde com leguminosas proporciona benefícios nas propriedades físico-químicas e biológicas do solo, na fixação biológica de N, na melhor solubilização do P dos fertilizantes fosfatados, no maior aproveitamento do P existente no solo, na ciclagem e recuperação de nutrientes lixiviados (CALEGARI et al., 1993; MAGALHÃES et al., 1991; MAGALHÃES et al., 1991; SILVA et al., 1985).

O tratamento em pousio caracterizado por ausência de rotação resultou nas menores produções, com média de 86 Mg ha⁻¹ (Tabela 7). Estes resultados demonstram que, com o passar dos anos, o monocultivo com a cultura da cana-de-açúcar tende a provocar queda de produtividade dos colmos. Dentre as inúmeras vantagens proporcionadas pelo uso da rotação de culturas estão: manutenção e melhoria da

fertilidade do solo; melhoria na produtividade das culturas envolvidas; redução dos custos de produção e controle de pragas, doenças e plantas daninhas (MIYASAKA, 1984; MASCARENHAS e TANAKA, 2000).

Assim sendo, no Experimento I, o uso da rotação de cultura proporcionou incremento na produção de colmos na cana-planta. Os tratamentos com 1 e 2 ciclos de crotalária apresentaram as maiores produções de colmos na cana-planta, com incrementos na produção de 12,7% e 17,7%, respectivamente, em relação ao pousio, enquanto a área com 2 ciclos de soja apresentou incremento de 8,4% na produção de colmos (Tabela 7). Conforme pode ser observado no Anexo 1, nota-se nas áreas com cultivo de crotalária uma produção de massa de matéria seca em torno de 8 Mg ha⁻¹. Essa produção foi capaz de extrair valores máximos de P do solo de até 14,8 kg ha⁻¹ de P, nos tratamentos com 2 cultivos de crotalária + fosfatagem (Anexo 3).

De acordo com Alleoni e Beauclair (1995), a rotação de cultura com amendoim, em áreas anteriormente cultivadas com cana-de-açúcar, possibilitou aumento na produção de colmos, apesar da rotação com soja no Experimento I não ter propiciado aumentos tão expressivos na produção de colmos na cana-planta como a rotação com crotalária. Deve ser considerado um aspecto muito importante, na rotação com soja em relação a crotalária, o fato da soja poder proporcionar rentabilidade extra a partir da comercialização dos grãos de soja. Sabe-se que apesar da necessidade de se realizar a reforma do canavial, os gastos com preparo de solo, aquisição de mudas, correção e adubação do solo são bastante elevados. Então, havendo a possibilidade de realizar a rotação com soja durante a reforma do canavial, a rentabilidade obtida a partir da produção de grãos de soja poderia cobrir os gastos referentes às despesas da reforma. Conforme pode ser observado no Anexo 4, as áreas com 2 cultivos de soja proporcionaram produção média de grãos de soja de 2,22 Mg ha⁻¹.

Entretanto, deve-se salientar que, em casos onde houver a presença de pragas de solo e nematóides parasitas da cana-de-açúcar, seja mais recomendado a rotação com crotalária, no intuito de quebrar o ciclo das pragas e doenças (DINARDO-MIRANDA, 2003; DINARDO-MIRANDA, 2005). Segundo Moura (1995), dois anos de rotação de cultura com crotalária em área de cana-de-açúcar infestada por *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica*, reduziu a população de nematóides no solo proporcionando incremento na produção da cana-de-açúcar.

Analisando a Tabela 8, nota-se que houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, com relação à produção de colmos no Experimento II.

A presença da fosfatagem afetou significativamente a produção de colmos nos sistemas de rotação, com exceção das áreas com 2 ciclos de soja, incrementando a produção de colmos nas áreas em pousio, com 1 ciclo de soja, e com 1 e 2 ciclos de crotalária em 25%; 8,5%; 15,4% e 10,3%, respectivamente. Morelli et al. (1991), avaliando o modo de aplicação de termofosfato na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a lanço e no sulco de plantio da cana-planta, em solos de baixa CTC e baixo teor de fósforo, obtiveram produções de colmos de 147,7 e 104,2 Mg ha⁻¹, respectivamente, nas áreas com aplicação a lanço e no sulco de plantio. Outro estudo, comparando a aplicação de diferentes fontes fosfatadas aplicadas a lanço, em solo de textura média, constatou que, na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, as melhores produções de colmos foram quando utilizou-se o termofosfato (Demattê, 2005). Segundo Reis e Cabala-Rosand (1986), o uso da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a lanço possibilitou maior produção de colmos na cana-planta, em relação à aplicação no sulco.

Tabela 8. Produção de colmos na cana-planta, no Experimento II, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	Produção de colmos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
Pousio	85 c B	113 a A	99 c
1 ciclo de soja	108 ab B	118 a A	112 ab
2 ciclos de soja	117 a A	123 a A	120 a
1 ciclo de crotalária	99 b B	117 a A	108 bc
2 ciclos de crotalária	105 b B	117 a A	111 ab
Média	103 B	118 A	
CV ₁		5,75	
CV ₂		3,53	
D.M.S. (manejo)		11,116	
D.M.S. (fósforo)		7,747	

CV₁. Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

O motivo do tratamento com 2 ciclos de soja não ter apresentado diferença na produção de colmos na presença de fosfatagem deve-se ao fato do efeito residual da adubação de semente realizada da soja ter sido suficiente para suprir todas as necessidades de P na cana-planta. Segundo Tanimoto (2002), o plantio da cana em

rotação com leguminosas como a soja, além de se beneficiar do nitrogênio fornecido pela fixação biológica, também se beneficia dos resíduos da adubação realizada na cultura da soja.

Os resultados na produção de colmos apresentados na Tabela 8 foram superiores aos obtidos no Experimento I (Tabela 7). Mais uma vez deve-se considerar as diferenças existentes entre os dois experimentos. Dentre todas as variáveis responsáveis pela diferença na produção de colmos entre os dois experimentos, é importante considerar o potencial genético de cada variedade alocada nos Experimentos I e II. Ribeiro (2004), estudando oito variedades de cana-de-açúcar cultivadas nas mesmas condições ambientais e nutricionais ao longo de cinco cortes, verificou comportamento diferente entre as variedades, em relação à produção de colmos, demonstrando que as mesmas apresentam características específicas de adaptação aos diferentes ambientes agrícolas.

4.1.4 Produção de açúcar

Conforme mostrado na Tabela, 9 não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem para a produção de açúcar no Experimento I. Também não se observou efeito dos sistemas de manejo e da fosfatagem separadamente na produção de açúcar. Estes resultados não concordam com os obtidos por Mascarenhas e Tanaka (2000) que, trabalhando com dois anos de cultivos com crotalária em rotação com a cultura da cana-de-açúcar, conseguiram aumento na produção de açúcar de até 5 Mg ha⁻¹. Mascarenhas et al.(1994), estudando o efeito de um único de cultivo de *Crotalaria juncea* em sucessão com a cana-de-açúcar, verificaram aumento de 3 Mg ha⁻¹ de açúcar ao longo de cultivos da cana-de-açúcar.

Tabela 9. Produção de açúcar na cana-planta, no Experimento I, colhida em maio de 2005 após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	Produção de açúcar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
Pousio	10,0	9,7	9,9 a
1 ciclo de soja	10,1	10,4	10,5 a
2 ciclos de soja	10,6	10,4	10,5 a
1 ciclo de crotalária	10,6	10,8	10,4 a
	“...Continua...”		

“TABELA 9, Cont.”

2 ciclos de crotalária	10,9	11,4	11,2 a
Média	10,5 A	10,5 A	
CV ₁		7,50	
CV ₂		7,21	
D.M.S. (manejo)		1,255	
D.M.S. (fósforo)		0,509	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.
- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Apesar do P participar ativamente no processo de formação da sacarose, a fosfatagem não proporcionou, no Experimento I, aumento na produção de açúcar; mostrando a mesma tendência observada anteriormente para a produção de colmos (Tabela 9). Estes resultados concordam com Figueiredo Filho (2002) que, trabalhando com adubação fosfatada na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e m solo com teores médios de P, também não observou efeito na produção de açúcar na cana-planta. Isto demonstra que, a resposta à adubação fosfatada pela cana-de-açúcar, em relação à maior produção de açúcar, está relacionada aos teores de P no solo, onde quanto menor o teor de P no solo maior será a possibilidade de resposta em relação à adubação fosfatada pela cana-de-açúcar no incremento da produção de açúcar. A mesma situação pode ser observada no solo do Experimento I, pois conforme mostrado na Tabela 1, este solo encontrava-se com teores adequados de P disponível no solo, o que provavelmente desfavoreceu a resposta da cana-planta no incremento da produção de açúcar, em relação à adubação fosfatada corretiva (Tabela 9).

Observando a Tabela 10, nota-se que também não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem para a produção de açúcar, no Experimento II, entretanto houve efeito isolado dos sistemas de rotação e da fosfatagem. No tratamento com 2 ciclos de soja a produção média de açúcar foi de 16,9 Mg ha⁻¹, diferindo estatisticamente apenas do tratamento em pousio que apresentou a menor produção média, com 14,6 Mg ha⁻¹ de açúcar. A prática da fosfatagem também possibilitou aumento na produção de açúcar, com incremento médio de 2,0 Mg ha⁻¹, em comparação com a área que não recebeu adubação corretiva de fósforo.

Segundo Alexander (1973), o fósforo além de participar da formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia,

desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir de ATP, participa ativamente do processo de formação de sacarose. Entretanto, Rosseto et al. (2002), estudando o efeito da adubação fosfatada em Neossolo Quartzarênico observaram incremento na produção de colmos da cana-planta, mas não verificaram diferença em relação à produção de açúcar. Estes resultados concordam com Cantarella et al. (2002) que também, avaliando adubação fosfatada em Neossolo Quartzarênico, não obtiveram incremento na produção de açúcar na cana-planta.

Os resultados obtidos no Experimento II diferem dos obtidos no Experimento I, onde não houve efeito dos sistemas de rotação e nem da fosfatagem no incremento da produção de açúcar, no Experimento I. Provavelmente o fato do Experimento I ter sido conduzido sobre solo com maior teor inicial de fósforo disponível, tenha dificultado a resposta da fosfatagem em relação à produção de açúcar. Por outro lado, o solo do Experimento I, por ser mais argiloso, pode ter promovido maior adsorção de fósforo, e conseqüentemente a planta aproveitou menos o fósforo presente inicialmente no solo, bem como o fósforo oriundo da adubação fosfatada. Segundo Raij (1991) e Novais e Smyth (1999), quanto maior o teor de argila, mais intenso é o processo de fixação do P nos solos tropicais.

Tabela 10. Produção de açúcar na cana-planta, no Experimento II, colhida em maio de 2005, após a rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	Produção de açúcar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- Mg ha ⁻¹ -----		
Pousio	13,11	16,1	14,6 b
1 ciclo de soja	15,6	17,2	16,4 a
2 ciclos de soja	15,9	18,0	16,9 a
1 ciclo de crotalária	14,7	16,9	15,8 ab
2 ciclos de crotalária	15,2	16,2	15,7 ab
Média	14,9 B	16,9 A	
CV ₁		6,65	
CV ₂		4,47	
D.M.S. (manejo)		1,686	
D.M.S. (fósforo)		0,479	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade

Nota-se que a produção de açúcar no Experimento I (Tabela 9) foi em média de 10,5 Mg ha⁻¹, independente da aplicação fosfatada. Já para o Experimento II (Tabela 10), as médias na produção de açúcar foram de 14,9 Mg ha⁻¹ e 16,9 Mg ha⁻¹, respectivamente sem fósforo e com fósforo. Isto mostra que, no solo do Experimento II com menor teor inicial de P no solo, houve efeito da fosfatagem em relação à produção de açúcar na cana-planta. Os teores de P no solo do Experimento II aumentaram de 2 para 7 mg dm⁻³, nas áreas com fosfatagem e rotação com soja (Tabela 16)

Observa-se também que o efeito da fosfatagem, no Experimento II com relação ao incremento da produção de açúcar, pode estar relacionado, ao maior incremento na produção de colmos, em relação ao Experimento I. Enquanto no Experimento I a fosfatagem promoveu apenas 2,0 Mg ha⁻¹ de incremento na produção de colmos de (Tabela 7), no Experimento II houve aumento de 15 Mg ha⁻¹ na produção de colmos (Tabela 8). Provavelmente, este maior incremento na produção de colmos, nas áreas com fosfatagem no Experimento II, favoreceu a maior produção de açúcar, diferindo das áreas sem fosfatagem.

4.1.5 Análise tecnológica da cana

Não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem no Experimento I, para o teor de POL da cana e BRIX no caldo, conforme mostrado na Tabela 11, também não houve efeito isolado dos sistemas de manejo e da fosfatagem nessas variáveis. Os valores de POL da cana não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, ficando os valores médios em torno de 10,9% e 11,8% entre os sistemas de rotação. Os teores de POL da cana verificados no Experimento I encontram-se abaixo dos obtidos por Martins (2004), que estudando a concentração de POL da cana nas variedades SP82-3530, SP83-5073 e RB83-5486, verificou valores de 17,4%, 15,9% e 17,2%, respectivamente, para cada uma das variedades.

Conforme Tabela 11, nota-se que não houve diferença significativa na concentração de POL da cana nas áreas sem e com fosfatagem, pois as concentrações permaneceram em torno de 11%. Estes dados discordam de Figueiredo Filho (2002) que, trabalhando com fontes fosfatadas na dose 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, observou efeito da adubação fosfatada no incremento da concentração de POL da cana-planta. Entretanto, outros estudos com adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar não demonstraram

Tabela 11. POL da cana e BRIX do caldo nos colmos colhidos da cana-planta no Experimento I, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	POL da cana		Média	BRIX do caldo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- % -----					
Pousio	11,8	11,3	11,5 a	16,9	16,2	16,5 a
1 ciclo de soja	12,0	11,6	11,8 a	16,9	16,5	16,7 a
2 ciclo de soja	11,2	10,6	10,9 a	16,0	15,4	15,7 a
1 ciclos de crotalária	11,2	11,4	11,3 a	16,2	16,0	16,1 a
2 ciclos de crotalária	10,9	10,8	10,9 a	15,9	15,8	15,9 a
Média	11,4 A	11,1 A		16,4 A	15,9 A	
CV ₁		8,06			5,14	
CV ₂		5,71			4,70	
DMS (manejo)		1,45			1,325	
D.M.S (fósforo)		0,433			0,512	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

respostas positivas, em relação ao acúmulo de sacarose na cana-de-açúcar (ORLANDO FILHO e ZAMBELO JUNIOR, 1980; SILVA, 1983; PEREIRA et al., 1995).

A Tabela 11 mostra que os sistemas de rotação e fosfatagem não influenciaram significativamente na concentração de BRIX no caldo, pois os valores permaneceram em torno de 16%. Estes valores obtidos no Experimento I encontram-se abaixo dos níveis estabelecidos por Delgado e Cesar (1977), que citam uma concentração de sólidos solúveis (BRIX) no caldo da cana-de-açúcar em torno de 18% a 25%.

Analisando a Tabela 12, observa-se que no Experimento II houve interação significativa entre sistemas de rotação e fosfatagem para a variável POL da cana e BRIX do caldo. As áreas com fosfatagem não apresentaram diferença estatística entre os sistemas de rotação, tanto na POL da cana, quanto no BRIX do caldo, dando em média 14,4% e 19,1%, respectivamente para a POL da cana e o BRIX do caldo. Tais resultados demonstram que, a prática da fosfatagem foi suficiente para nivelar, em todos os sistemas de rotação, os teores de sacarose na cana e sólidos solúveis no caldo do Experimento II (Tabela 12). Os valores de BRIX no caldo mostrados na Tabela 12 encontram-se abaixo dos obtidos por Martins (2004) que, trabalhando com três variedades, verificou valores variando entre 21,5 a 24,1% de sólidos solúveis no caldo. Cáceres (1994) verificou aumento no teor de BRIX do caldo ao longo dos três primeiros cortes, os valores foram 19,2%, 20,9%, 23,9%, respectivamente, para cana-planta, cana de 1º soca e cana de 2º soca. Cantarella et al. (2002), testando doses de fósforo em Neossolo Quartzarênico, observaram incremento no teor de POL da cana, com valores máximos de 15,1%. Enquanto Rosseto et al. (2002), também avaliando o efeito de doses de P em cana-planta, não verificaram aumento na concentração de POL da cana.

Nas áreas sem fosfatagem ocorreram diferenças entre os sistemas de manejo nos teores de POL da cana e BRIX do caldo. Os maiores valores de POL da cana e BRIX do caldo foram obtidos no tratamento em pousio, com valores percentuais de 15,5% e 20,9% no POL da cana e BRIX do caldo, respectivamente. Enquanto os menores valores foram encontrados nos tratamentos com 2 ciclos de soja, com 13,6% e 18,4%, na POL da cana e no BRIX do caldo, respectivamente (Tabela 12).

Provavelmente, o maior incremento no teor de POL da cana e do BRIX do caldo no tratamento em pousio deve-se ao efeito de concentração. Pois, como o tratamento em pousio apresentou as menores produções de colmos, isto possivelmente favoreceu maior concentração no teor de sacarose e sólidos solúveis nos colmos. Ao passo que, o tratamento com 2 ciclos de soja, que apresentou maior produção de colmos, foi o que

Tabela 12. POL da cana e BRIX do caldo nos colmos colhidos da cana-planta no Experimento II, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	POL da cana		Média	BRIX do caldo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- % -----					
Pousio	15,5 a A	14,3 a B	14,9 a	20,9 a A	19,2 a B	20,1 a
1 ciclo de soja	14,5 ab A	14,6 a A	14,5 a	19,2 bc A	19,1 a A	19,1 ab
2 ciclo de soja	13,6 b B	14,7 a A	14,2 a	18,4 c A	19,2 a A	18,8 b
1 ciclos de crotalária	14,8 ab A	14,5 a A	14,6 a	19,8 abc A	19,2 a A	19,5 ab
2 ciclos de crotalária	14,8 ab A	13,9 a B	14,3 a	19,9 ab A	18,6 a B	19,3 ab
Média	14,7 A	14,4 A		19,7 A	19,1 B	
CV ₁		4,58			3,83	
CV ₂		4,25			3,90	
DMS (manejo)		1,328			1,544	
D.M.S (fósforo)		0,932			1,084	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

possibilitou menor concentração nos teores percentuais de sacarose e sólidos solúveis nos colmos, devido ao efeito diluição. Estes resultados diferem dos obtidos no Experimento I, onde não houve efeito dos sistemas de rotação e da fosfatagem no teor de POL da cana e BRIX do caldo. Cáceres (1994), avaliando o efeito de diferentes espécies leguminosas utilizadas como adubação verde nas características tecnológicas da cana-planta, não verificou incremento no teor de POL da cana e BRIX do caldo nas áreas onde se utilizou adubação verde, em relação às áreas em pousio.

4.1.6 P₂O₅ no caldo

Conforme mostrado na Tabela 13, não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, para a concentração de P₂O₅ no caldo da cana-planta, no Experimento I, bem como os sistemas de rotação não apresentaram diferença estatística em relação à concentração de P₂O₅ no caldo da cana-planta. Ao passo que as áreas com adubação corretiva de P proporcionaram maior concentração de P₂O₅ no caldo, diferindo estatisticamente das áreas sem fosfatagem. Conforme mostrado na Figura 6, os menores valores de P₂O₅ no caldo foram encontrados nas áreas sem fosfatagem, com valores médios de 241 mg dm⁻³ de P₂O₅, enquanto os tratamentos com fosfatagem apresentaram incremento de 12,3%, representado por 270 mg dm⁻³ de P₂O₅ no caldo da cana-planta, comprovando o efeito da fosfatagem no incremento da concentração de P nos colmos da cana-planta cultivada em áreas com aplicação de adubação corretiva de fósforo. Estes resultados concordam com Jarussi (1998) que, trabalhando com adubação fosfatada em solo argiloso com superfosfato-triplo e termofosfato em cana de terceira soca, verificou que apenas o termofosfato conseguiu elevar a concentração de fósforo no caldo da cana-de-açúcar.

Tabela 13. Concentração de P₂O₅ no caldo dos colmos colhidos na cana-planta, no Experimento I, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	P ₂ O ₅ no caldo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- mg dm ⁻³ -----		
Pousio	222	270	246 a
1 ciclo de soja	287	259	273 a
2 ciclos de soja	232	270	251 a
	“...Continua...”		

“TABELA 13, Cont.”

1 ciclo de crotalaria	217	264	241 a
2 ciclos de crotalaria	246	289	268 a
Média	241 A	270 B	
CV ₁		15,55	
CV ₂		12,11	
D.M.S. (manejo)		63,33	
D.M.S. (fósforo)		20,86	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.
- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Os valores de P₂O₅ no caldo, obtido no Experimento I, estão acima dos recomendados para que ocorra uma boa floculação, que é de 200 mg dm⁻³ de P₂O₅ (COPERSUCAR, 1999). Observa-se que mesmo os tratamentos sem fosfatagem atingiram níveis P₂O₅ no caldo acima do recomendado para uma boa floculação. Isto mostra que a adubação de P realizada no sulco de plantio da cana-de-açúcar (168 kg ha⁻¹ de P₂O₅), juntamente com os teores iniciais de P no solo (Tabela 1), foram suficientes para garantir níveis satisfatórios de P₂O₅ no caldo da cana-planta cultivada no Experimento I. Estes resultados discordam de Marinho e Oliveira (1980) que, trabalhando com aplicação de 225 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na cana-planta em solo com baixos teores de P, não conseguiram aumento na concentração de P₂O₅ no caldo, necessário para uma boa clarificação do caldo.

Assim como no Experimento I, também não houve interação significativa entre os sistemas de rotação e fosfatagem, para a concentração de P₂O₅ no caldo da cana-planta, no Experimento II (Tabela 14). Mas houve efeito dos sistemas de rotação na concentração média de P₂O₅ no caldo. Dentre os sistemas de rotação, o maior nível médio de P₂O₅ no caldo foi obtido no tratamento com 2 ciclos de soja (228 mg dm⁻³), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. A dose de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicada na semeadura da soja durante os 2 anos consecutivos, deve ter favorecido o incremento na concentração de P₂O₅ no caldo da cana-planta, cultivada no Experimento II, visto que este solo apresentava baixos teores iniciais de P (Tabela 1). Segundo Tanimoto (2002), a cultura da cana-de-açúcar se beneficia dos resíduos da adubação realizada na cultura da soja.

A aplicação de fósforo proporcionou maior concentração de P_2O_5 no caldo, diferindo estatisticamente das áreas sem fosfatagem. As áreas que não receberam fosfatagem apresentaram os menores teores de P no caldo, com valores médios de 147 mg dm^{-3} de P_2O_5 no caldo, enquanto que os tratamentos com fosfatagem apresentaram incremento de 25,4%, com valor médio de 197 mg dm^{-3} de P_2O_5 no caldo da cana-planta (Tabela 14).

Tabela 14. Concentração de P_2O_5 no caldo dos colmos colhidos na cana-planta, no Experimento II, após os manejos de rotação com soja e crotalária na presença e na ausência de fósforo.

Manejo	P_2O_5 no caldo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	mg dm^{-3}		
Pousio	141	163	152 a
1 ciclo de soja	157	209	183 a
2 ciclos de soja	189	267	228 b
1 ciclo de crotalária	117	177	147 a
2 ciclos de crotalária	130	170	150 a
Média	147 A	197 B	
CV ₁		12,01	
CV ₂		13,93	
D.M.S. (manejo)		38,14	
D.M.S. (fósforo)		13,90	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Entretanto, estes resultados foram inferiores aos obtidos no Experimento I, o qual propiciou teores de P_2O_5 no caldo de 241 mg dm^{-3} e 270 mg dm^{-3} , respectivamente, nas áreas sem e com fosfatagem (Figura 9). Observa-se uma correlação positiva entre fósforo disponível no solo e concentração de P no caldo da cana. Pois, conforme mostrado na Tabela 1 os teores de P, disponíveis no Experimento I, encontravam-se mais elevados, o que favoreceu maior concentração de P no caldo. Sendo assim, quanto maior a concentração de P disponível no solo, maior será a absorção de P pela cana-de-açúcar, e conseqüentemente maior a concentração de P no caldo. Segundo Korndörfer (2004), o teor de P disponível no solo influencia a concentração de P no caldo, uma vez

que quanto maior o teor de P disponível no solo, maior a quantidade de P no caldo, e conseqüentemente melhor será o processo de clarificação do caldo.

Observa-se que, apesar do Experimento I ter apresentado uma menor produção de colmos em relação ao Experimento II (Tabela 7 e 8), houve uma maior concentração de P no caldo, nos colmos provenientes do Experimento I, em relação ao Experimento II (Figuras 9 e 10). Estes resultados concordam com Gomes (2003), que cultivando cana-de-açúcar em um Latossolo e um Nitossolo, dois solos com características químicas e físicas distintas, verificou que, apesar do Latossolo, considerado de menor fertilidade natural, ter proporcionado menor produção de colmos, foi o que apresentou a maior extração de P pela cana-de-açúcar. De acordo com o autor, este resultado foi devido ao latossolo ter possibilitado melhor desenvolvimento radicular, permitindo assim maior exploração do solo.

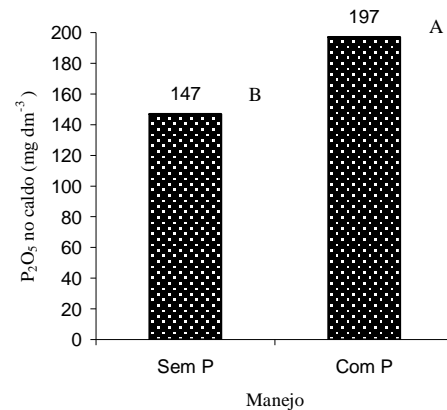
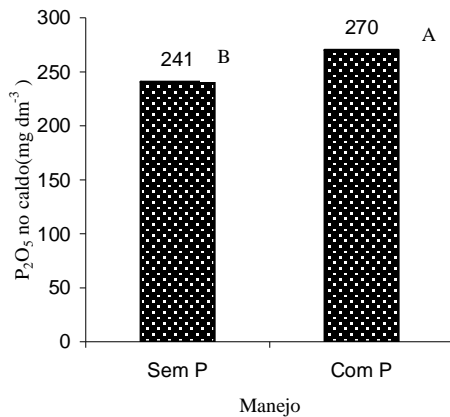


Figura 6. Concentração de P₂O₅ do caldo na cana-planta, no Experimento I, na presença e ausência de fósforo (fosfatagem), nos diferentes manejos estudados.

Figura 7. Concentração de P₂O₅ do caldo na cana-planta, no Experimento II, na presença e ausência de fósforo (fosfatagem), nos diferentes manejos estudados.

4.2 Análises de solo

4.2.1 Fósforo no solo

Houve interação significativa entre sistemas de rotação e fosfatagem, no Experimento I, para o teor de P no solo, extraído pela resina e pelo mehlich-1 (Tabela 15). Nas áreas com ausência de fosfatagem, os maiores teores de P no solo (Extrator

resina) ocorreram no tratamento com 2 ciclos de soja (21 mg dm^{-3}) e no tratamento com 2 ciclos de crotalaria ($15,2 \text{ mg dm}^{-3}$). Quando se utilizou o extrator mehlich-1, o maior teor de P no solo continuou sendo no tratamento com 2 ciclos de soja ($14,4 \text{ mg dm}^{-3}$), porém este passou a diferir estaticamente de todos os outros tratamentos (Tabela 15). O método resina avalia apenas o P lábil no solo, permitindo uma melhor simulação na absorção do P do solo pelas raízes (RAIJ, 2004). Enquanto o método mehlich-1 subestima o teor de P em solo argilosos (RAIJ et al., 1986).

Segundo Novais e Smith (1999), solos argilosos apresentam uma maior capacidade tampão, repondo o P no solo à medida que as plantas absorvem, enquanto a extração por mehlich-1 permite que o P desorvido durante a extração retorne aos sítios de adsorção. De acordo estudos realizados por Silva e Rajj (1999), a extração com resina apresenta a melhor correlação entre índices biológicos e os teores de P no solo.

Conforme mostrado na Tabela 15, o maior teor de P no solo ocorreu no tratamento com 2 ciclos consecutivos de soja. Isto deve-se ao fato destas áreas cultivadas com soja terem recibo adubação de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 , ao longo dos 2 anos de cultivos de soja. Este resultado demonstra o efeito residual da adubação realizada na cultura da soja no incremento do teor de P no solo. Estudo semelhante realizado por Araújo et al. (1997), no sentido de avaliar adubação fosfatada no sulco de plantio da cana-de-açúcar, também verificou efeito residual de fósforo no solo após 18 meses do plantio.

Nas áreas com fosfatagem, os sistemas de rotação com 1 e 2 ciclos de soja apresentaram os maiores teores de P no solo (Extrator resina), com $25,9 \text{ mg dm}^{-3}$ e $25,7 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente (Tabela 15). Enquanto que os menores teores, tanto para resina, quanto para o mehlich-1, foram encontrados nas áreas com ausência de rotação, ou seja, nas áreas em pousio, com teores de P no solo de $12,4$ e $8,7 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, para resina e mehlich-1. Observa-se um incremento crescente no teor de P no solo, em todos os tratamentos com rotação na presença de fosfatagem, com exceção do tratamento em pousio. Provavelmente, as áreas com rotação reduziram os processos de adsorção de P ao solo, disponibilizando mais P na solução do solo (Tabela 15).

Tabela 15. Teor de fósforo no solo, extraído com resina e mehlich-1, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no Experimento I.

Manejo	Fósforo Resina		Média	Fósforo Mehlich-1		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo		Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- mg dm ⁻³ -----					
Pousio	10,1 b A	12,4 b A	11,3 c	6,6 b A	8,7 c A	7,6 c
1 ciclo de soja	10,0 b B	25,9 a A	17,9 ab	8,1 b B	17,7 a A	12,9 b
2 ciclo de soja	21,0 a A	25,7 a A	23,3 a	14,4 a B	18,3 a A	16,4 a
1 ciclos de crotalária	11,7 b B	19,1 ab A	15,4 bc	7,2 b B	13,4 b A	10,3 bc
2 ciclos de crotalária	15,2 ab A	18,5 ab A	16,8 bc	10,3 b A	12,8 b A	11,5 b
Média	13,6 B	20,3 A		9,3 B	14,2 A	
CV ₁		21,04			16,26	
CV ₂		37,17			24,38	
DMS (manejo)		8,75			4,13	
D.M.S (fósforo)		6,12			2,89	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Houve efeito da fosfatagem no teor de P no solo (Extrator resina) apenas nos tratamentos com 1 ciclo de soja e 1 ciclo de crotalária, com incrementos de 61% e 39% no teor de P no solo, respectivamente, para a soja e para a crotalária (Tabela 15). Enquanto que nas áreas em pousio e com 2 ciclos de soja e 2 ciclos de crotalária não houve efeito da fosfatagem no incremento do teor de P no solo em relação às áreas sem fosfatagem.

Conforme apresentado na Tabela 1, o teor de fósforo remanescente no Experimento I é considerado adequado para o desenvolvimento de culturas anuais (SOUZA e LOBATO, 2004). Assim sendo, como a crotalária apresenta maior capacidade em extrair P do solo e melhorar a eficiência de fertilizantes fosfatados (MAGALHÃES et al., 1991; MAGALHÃES et al., 1995; SILVA et al., 1991), o tratamento com 2 cultivos de crotalária conseguiu equilibrar os teores de P no solo (resina e mehlich-1), nas áreas sem fosfatagem aos mesmos teores encontrados nas áreas com fosfatagem, visto que o solo do Experimento I já apresentava teores adequados de P antes mesmo da instalação do experimento (Tabela 1).

Conforme mostrado na Tabela 16, não houve interação significativa, no Experimento II, entre sistemas de rotação e fosfatagem para o teor de P no solo extraído pelo método resina e mehlich-1. Houve influência da fosfatagem no incremento do teor de P no solo pelo método resina. Os valores médios aumentaram de 5,2 mg dm⁻³ para 8,7 mg dm⁻³ nas áreas sem e com fosfatagem, respectivamente. Enquanto que pelo método mehlich-1, não houve diferença estatística no teor de P no solo nas áreas sem e com fosfatagem (Tabela 16).

Dentre os sistemas de rotação, o tratamento que apresentou o maior teor de P no solo pelo método resina foi o de 2 ciclos de soja (10,4 mg dm⁻³), diferindo estatisticamente dos tratamentos em pousio (4,9 mg dm⁻³) e com 1 ciclo de crotalária (4,4 mg dm⁻³). Este maior teor de P no solo apresentado nas áreas com 2 ciclos de soja, em relação aos demais sistemas de rotação, deve-se ao efeito dos resíduos da adubação fosfatada na semeadura da soja. Como citado anteriormente, em cada cultivo da soja foram adicionados na linha de semeadura 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, totalizando uma adição de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que foi responsável por este incremento de P no solo, nas áreas cultivadas com 2 ciclos de soja. Segundo Araújo et al. (1993), estudando o efeito de adubações fosfatadas anuais em solo cultivado com cana-de-açúcar, ao longo dos anos, verificaram incremento no teor de P no solo em função dos resíduos das adubações realizadas nos anos anteriores.

Tabela 16. Teor de fósforo no solo, extraído com resina e mehlich-1, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no

Manejo	Fósforo Resina			Fósforo Mehlich-1		
	Sem Fósforo	Com Fósforo	Média	Sem Fósforo	Com Fósforo	Média
	----- mg dm ⁻³ -----					
Pousio	4,2	5,7	4,9 a	3,6	2,5	3,0 ab
1 ciclo de soja	6,4	10,8	8,6 ab	5,7	7,0	6,3 b
2 ciclo de soja	7,4	13,4	10,4 b	4,1	5,3	4,7 ab
1 ciclos de crotalária	3,1	5,6	4,4 a	2,4	3,4	2,9 ab
2 ciclos de crotalária	5,1	7,9	6,5 ab	2,3	3,4	2,8 a
Média	5,2 A	8,7 B		3,6 A	4,3 A	
CV ₁		42,38			55,28	
CV ₂		24,22			65,00	
DMS (manejo)		4,687			3,484	
D.M.S (fósforo)		2,026			1,505	

Experimento II.

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.
- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade

4.2.2 Análise química do solo

No Experimento I, não houve interação significativa entre os sistemas de manejo e a aplicação ou não de fósforo, para nenhuma das análises químicas do solo, realizadas aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca. A fosfatagem afetou significativamente o teor de magnésio, o pH e a saturação de bases no solo (Tabela 17). Isto se explica pelo fato do termofosfato, utilizado como fonte de P na fosfatagem, apresentar em sua composição cálcio e magnésio na forma de CaO (28%) e MgO (11%). Segundo Souza e Yasuda (2003), o termofosfato magnesiano apresenta propriedade alcalina e é capaz de elevar os teores de cálcio, magnésio, pH, soma de bases e, conseqüentemente, a saturação por bases do solo.

As áreas com fosfatagem apresentaram maior teor médio de magnésio no solo ($12,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), diferindo estatisticamente das áreas sem fosfatagem ($11,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Houve também influência da fosfatagem no aumento do pH do solo, sendo que o maior valor médio de pH ocorreu na área com fosfatagem (5,08), diferindo estaticamente das áreas sem fosfatagem (4,91). Este resultado se explica pelas características alcalinas inerentes ao termofosfato magnesiano. Segundo Morelli et al. (1992), avaliando o efeito do termofosfato magnesiano aplicado a lanço antes do plantio da cana-de-açúcar em solo arenoso, verificaram que 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 conseguiu elevar os valores de pH, cálcio, magnésio e saturação por bases, após 18 meses. Segundo os autores os valores de pH, cálcio, magnésio e saturação por bases passaram de 5,2; $7,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $5,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 47 %, para 5,5; $9,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $6,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; 53 %, respectivamente na ausência e presença do termofosfato.

A Tabela 17 mostra que os maiores valores de saturação por bases foram observados nas áreas com fosfatagem (49%), em relação às áreas sem fosfatagem (45%). O fato da aplicação do termofosfato magnesiano ter fornecido cálcio e magnésio ao solo promoveu elevação na soma de bases que, por sua vez, provocou aumento na saturação de bases nas áreas que receberam fosfatagem.

Tabela 17. Análise química do solo, no Experimento I, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1° soca.

Manejo	Cálcio		Média	Magnésio		Média	pH (CaCl ₂)		Média	Saturação de Bases		Média	Matéria Orgânica		Média
	Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P	
			mmol _c dm ⁻³						%		g kg ⁻¹				
Pousio	18,7	20,2	19,4 a	12,2	15,5	13,9 a	5,1	5,5	5,3 b	49	54	51 a	17,5	17,8	17,6 a
1 ciclo de soja	21,0	18,5	19,6 a	12,4	10,7	11,5 a	5,1	4,9	5,0 ab	51	47	49 a	17,7	17,4	17,6 a
2 ciclo de soja	15,7	16,9	16,3 a	9,7	11,5	10,6 a	4,8	4,9	4,9 a	40	45	43 a	18,6	17,2	17,9 a
1 ciclos de crotalária	15,1	20,5	17,8 a	11,1	13,5	12,3 a	4,8	5,2	4,9 ab	43	54	48 a	16,4	17,7	17,0 a
2 ciclos de crotalária	14,7	15,8	15,2 a	10,0	11,7	10,9 a	4,8	4,9	4,8 a	42	47	44 a	16,6	16,9	16,7 a
Média	17,0 A	18,3 A		11,1 A	12,6 B		4,9 A	5,1 B		45 A	49 B		17,4 A	17,4 A	
CV ₁		24,23			17,29			3,81			12,14			12,49	
CV ₂		24,25			26,95			6,36			16,71			11,05	
DMS (manejo)		6,83			3,26			0,304			9,063			3,458	
D.M.S (fósforo)		2,95			1,41			0,131			3,917			1,494	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Os sistemas de rotação não afetaram os atributos químicos do solo no Experimento I. Entretanto, conforme mostrado na Tabela 17, observou-se tendência de aumento nos valores médios de pH nas áreas em pousio (5,3) em relação às áreas com rotação com 2 ciclos de soja e crotalária (4,9). Provavelmente, este resultado foi devido ao fato das leguminosas serem consideradas plantas calcíferas (FARIA et al., 2004) e, por conseqüência, extraíram mais cálcio em relação às áreas em pousio, promovendo maior acidificação nestas áreas. Alguns trabalhos demonstram que leguminosas como a soja são capazes de acidificar a rizosfera pela exudação de H^+ (OLIVEIRA, 2004; SIQUEIRA et al., 2005).

O teor de matéria orgânica no solo não foi influenciado pelos sistemas de rotação e nem pela aplicação de fósforo, no Experimento I, ficando em torno de 17 g kg^{-1} na média dos tratamentos (Tabela 17).

No Experimento II, houve interação significativa entre os sistemas de manejo e fosfatagem para os teores de magnésio, cálcio, pH e saturação de bases no solo, analisado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca (Tabela 18).

Observou-se nas áreas sem fosfatagem influência significativa dos sistemas de rotação no teor de magnésio no solo, sendo o menor teor observado no tratamento pousio, com $9,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que os demais tratamentos não diferiram estatisticamente (Tabela 18). A prática da fosfatagem nivelou os teores de magnésio no solo em todos os sistemas de rotação, visto que, a fonte de P utilizada apresenta magnésio em sua composição.

Com relação aos teores de cálcio no solo, no Experimento II, observa-se que houve interação significativa dos sistemas de manejo e fosfatagem. Apenas o tratamento em pousio apresentou resposta com relação à fosfatagem. Os teores de cálcio passaram de $11,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para $20,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, nas áreas sem e com fosfatagem. Este incremento de cálcio a partir da fosfatagem deve-se ao cálcio presente no termofosfato magnésiano. Souza e Yasuda (2003) citam Arruda Neto (1993) que, trabalhando com 400 kg ha^{-1} de P na forma de termofosfato magnésiano, conseguiu elevar os teores de cálcio no solo de $3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para $42,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

A adubação fosfatada corretiva afetou apenas as áreas em pousio, com valor de pH na presença de fosfatagem de 5,65 e, 5,23 na ausência de fósforo. Este aumento se deve ao efeito alcalino do termofosfato magnésiano utilizado na fosfatagem.

Tabela 18. Análise química do solo, no Experimento II, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.

Manejo	Cálcio		Média	Magnésio		Média	pH (CaCl ₂)		Média	Saturação de Bases		Média	Matéria Orgânica		Média
	Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P		Sem P	Com P	
	----- mmolc dm ⁻³ -----							----- % -----			----- g kg ⁻¹ -----				
Pousio	11,9 a A	20,5 b B	16,2 a	9,0 a A	13,3 a B	11,2 a	5,2 a A	5,7 b B	5,4 ab	39 a A	56 c B	48 a	16,6	18,7	17,6 a
1 ciclo de soja	17,3 b A	15,9 a A	16,6 a	11,3 ab A	10,7 a A	10,9 a	5,3 a A	5,3 a A	5,3 a	47 ab A	46 a A	46 a	19,8	20,2	17,9 a
2 ciclo de soja	16,6 b A	18,6 ab A	17,4 a	11,7 ab A	12,3 a A	12,0 a	5,6 b A	5,6 ab A	5,6 b	51 b A	56 c A	53 a	18,6	18,7	18,7 a
1 ciclos de crotalária	19,0 b A	16,8 ab A	17,9 a	13,7 b A	11,1 a B	12,4 a	5,5 ab A	5,4 ab A	5,5 ab	51 b A	47 ab A	49 a	16,4	19,0	17,7 a
2 ciclos de crotalária	15,7 ab A	19,0 ab A	17,4 a	11,8 ab A	12,7 a B	12,3 a	5,5 ab A	5,7 b A	5,6 b	49 b A	55 bc B	52 a	13,9	15,6	14,8 a
Média	16,1 A	18,2 B		11,5 A	12,0 A		5,4 A	5,5 A		48 A	52 B		17,1 A	18,4 A	
CV ₁		14,46			14,37			2,66			8,63			21,35	
CV ₂		17,68			20,26			3,83			11,51			16,49	
DMS (manejo)		4,67			3,49			0,305			8,548			6,038	
D.M.S (fósforo)		3,28			2,45			0,214			5,998			2,609	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade

Assim como ocorreu com os teores de cálcio e de magnésio no solo, a fosfatagem também afetou a saturação por bases nas áreas em pousio. Os maiores valores de saturação por bases nas áreas em pousio foram observados no tratamento com fosfatagem (56%) enquanto que o menor valor ocorreu na área sem fosfatagem (39%). Estes resultados concordam com Morelli et al. (1991) que, trabalhando com a aplicação a lanço de termofosfato magnésiano na dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em Neossolo Quartzarênico, verificaram aumento na saturação de bases no solo após 8 meses, na profundidade de 0 a 20 cm. Segundo os autores a saturação por bases passou de 36% para 57%, respectivamente nas áreas sem e com termofosfato magnésiano.

Assim como ocorreu no Experimento I, também no Experimento II não houve influência dos sistemas de rotação e fosfatagem no teor de matéria orgânica do solo. Os valores médios ficaram em torno de 17,06 e 18,42 g kg⁻¹, respectivamente, nas áreas sem e com fosfatagem (Tabela 18).

4.3 Análise foliar na cana-de-açúcar

Não houve interação significativa para concentração foliar de fósforo na cana, no Experimento I, entre os sistemas de manejo e fosfatagem. Os sistemas de rotação não afetaram o incremento de P foliar na cana-planta, ficando os valores em torno de 1,7 a 1,8 g kg⁻¹ de P foliar (Tabela 19). Bem como, o fator fosfatagem também não proporcionou diferença significativa nos valores médios da concentração foliar de P na cana-planta, em comparação às áreas sem fosfatagem (Tabela 19).

Estes resultados estão de acordo com Cantarella et al. (2002) que, trabalhando com doses de P na cana-planta em solo argiloso, também não obtiveram incremento na concentração foliar de P. Enquanto Rosseto et al. (2002), ao estudarem o efeito da adubação fosfatada em solo argiloso na dose de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado a lanço e no sulco de plantio em cana-planta, verificaram incremento na concentração de P na folha +1 apenas nas áreas com adubação fosfatada no sulco de plantio da cana. Estudo realizado com doses de P no sulco de plantio em cana-planta, não diferiu estatisticamente quanto à concentração foliar de P, ficando os valores em torno de 2,8 e 3,0 g kg⁻¹ (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992).

Tabela 19. Concentração de fósforo na folha +3, no Experimento I, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1^o soca.

Manejo	Fósforo foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- g kg ⁻¹ -----		
Pousio	1,6	1,8	1,7 a
1 ciclo de soja	1,6	1,8	1,7 a
2 ciclos de soja	1,7	1,7	1,7 a
1 ciclo de crotalária	1,6	1,7	1,7 a
2 ciclos de crotalária	1,6	2,0	1,8 a
Média	1,6 A	1,8 A	
CV ₁		13,58	
CV ₂		10,72	
D.M.S. (manejo)		0,369	
D.M.S. (fósforo)		0,122	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

A Tabela 20 mostra que não houve interação significativa, para o teor foliar de fósforo, no Experimento II, entre os sistemas de manejo e fosfatagem. Também não houve influência desses fatores, isoladamente, na concentração foliar de P na cana-planta. Os valores médios permaneceram em torno de 1,2 a 1,4 g kg⁻¹ de P foliar (Tabela 20). Estes valores encontram-se abaixo dos obtidos no Experimento I, isto se explica pelo fato do solo do Experimento I apresentar maior teor de P disponível no solo, em relação ao Experimento II (Tabela 15 e 16). Tal fato mostra que quanto maior o teor de P disponível no solo maior será a concentração de P na folha da cana-planta (Tabela 19 e 20). Estes resultados discordam de Rosseto et al. (2002), que testando fontes fosfatadas e modos de aplicação, verificaram que a dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a lanço em solo arenoso propiciou incremento na concentração de P na cana de 1^a soca, com valores de fósforo em torno de 2,8 g kg⁻¹. Segundo Raij (1997), os valores adequados de P na folha da cana encontram-se em torno de 1,5 e 3,0 g kg⁻¹.

Tabela 20. Concentração de fósforo na folha +3, no Experimento II, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca.

Manejo	Fósforo foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- g kg ⁻¹ -----		
Pousio	1,2	1,3	1,3 a
1 ciclo de soja	1,3	1,3	1,3 a
2 ciclos de soja	1,3	1,4	1,4 a
1 ciclo de crotalária	1,2	1,2	1,2 a
2 ciclos de crotalária	1,2	1,3	1,3 a
Média	1,2 A	1,3 A	
CV ₁		9,32	
CV ₂		11,46	
D.M.S. (manejo)		0,188	
D.M.S. (fósforo)		0,096	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade

5 CONCLUSÕES

Com os resultados apresentados, permiti-se concluir que:

- Os sistemas de rotação de culturas afetaram positivamente o diâmetro, o comprimento e a produção dos colmos, incrementando o teor de P no solo nos dois experimentos;
- O melhor sistema de rotação, para o Experimento I, foi o cultivo com dois ciclos de crotalária, enquanto que, para o Experimento II, o melhor sistema de rotação foi com dois ciclos de soja;
- Dois anos de cultivo com soja incrementaram, no Experimento II, a produção de açúcar, POL da cana e BRIX do caldo na cana-planta;
- A fosfatagem aumentou a disponibilidade de magnésio e fósforo no solo, elevando a saturação por bases do solo e a concentração de P no caldo da cana-planta;
- Apenas o Experimento II apresentou resposta positiva à fosfatagem, e aos sistemas de rotação com relação à produção de colmos e açúcar.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo. ANDA. 1992. (Boletim técnico, 6).

ALEXANDER, A.G. **Sugarcane physiology**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.

ALLEONI, L.R.F.; BEAUCLAIR, E.G.F. de. Cana-de-açúcar cultivada após milho e amendoim, com diferentes doses de adubo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.3, p. 409-415.1995.

ALMEIDA, M. Cana-de-açúcar cultivada após milho e amendoim, com diferentes doses de adubo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, p. 422-429. 1994.

ALMEIDA, R.S. Identificação e caracterização de genes e transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). Piracicaba, 2002. 90p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade Federal de São Paulo.

ALVAREZ, R.; ARRUDA, H.V.; WUTKE, A.P. Adubação da cana-de-açúcar. XI – Experiências com diversos fosfatos (1959-60). **Bragantia**, Campinas, v.24, n.9, p.1-8, 1965.

ALVAREZ, V.H.; FONSECA, D.M.da. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de absorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.14, p.49-55. 1990.

ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. Boletim informativo: **Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, v.25, p.27-33. 2000.

ANDRADE, L.A.B. **Efeito da incorporação de *Crotalaria juncea* L. sobre algumas características do solo e do desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 1982. 129p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005.

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p.537-562.

ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito das fertilizações fosfatadas anuais em solo cultivado com cana-de-açúcar. II. Formas disponíveis e efeito residual do P acumulado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.397-403. 1993b.

ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito das fertilizações fosfatadas anuais em solo cultivado com cana-de-açúcar. I. Intensidade e formas de acumulação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.389-396. 1993a.

ARAÚJO, M.S.B.; SALCEDO. Formas preferenciais de acumulação de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar na região nordeste. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.643-650. 1997.

AZEREDO, D.F.; ROBAINA, A.A.; MANHÃES, M.S.; VIEIRA, J.V. Adubação da cana-de-açúcar nos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da mata e região norte). **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, nº10, p.5-24, out. 1981.

BOLONHENZI, D.; SILVA, E.A.; BRUNINI, O.; MUTTON, M.A.; LA SCALA JR, N.; MARTINS, A.L.M. Potencial de seqüestro de carbono do sistema de plantio direto na renovação de cana crua e pastagem. **O agrônomo**, n.56(2), p.14-16, 2004.

BÜLL, L.T.; LACERDAS, S.; NAKAGAWA, J. Termofosfatos: alterações em propriedades químicas em um latossolo vermelho-escuro e eficiência agrônômica. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p. 169-179, 1987.

BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo num cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. I – Fracionamento sequencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.935-944. 2005a.

BUSATO, J.G.; CANELLAS, L.P.; RUMJANEK, V.M.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo num cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. II – Análises de ácidos húmicos por RMN^{31P(1)}. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.945-953. 2005b.

CACERES, N.T.; ALCARDE, J.C. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.13, n.5, p.16-20. 1995.

CACERES, T.N. **Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. 1994. 45f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1994.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas**: para indústrias sucroalcooleiras. Maceió: Sindicato da Indústria, do Açúcar e do Álcool no Estado de Alagoas, 1998. 428p.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J. **Adubação verde no Brasil**. Rio de Janeiro: Assessoria e serviços alternativos a projetos em agricultura alternativa, 1993. 346p.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; LANDEL, M.G.A.; BIDÓIA, M.A.P.; VASCONCELOS, A.C.M. Mistura em diferentes proporções de fosfato natural reativo e fosfato solúvel em água para a cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NAC. DA STAB, 8, Recife, p.218-224. 2002.

CASTRO, P.R.C. Biossíntese e transporte de sacarose na cana-de-açúcar. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.22, n.3, p.24-25, 2004.

CASTRO, P.R.C. Fotossíntese na cana-de-açúcar. **STAB**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.20, n.3, p.26-27, 2002.

COLETI, J.T. et al. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo na cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB**, Piracicaba, v.6, n.2, p.32-38, 1987.

COLETI, J.T. et al. Influência de torta de filtro, adicionada no sulco de plantio da cana-de-açúcar, sobre os teores de P_2O_5 no caldo. **STAB**, Piracicaba, v.11, n.2, p.20-24, 1992.

COPERSUCAR. COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE AÇÚCAR E ALCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Clarificação**. São Paulo, 1999. 37p. (Caderno copersucar).

CRUSCIOL, C.A.C., MAUAD, M.; ALVAREZ, R.C.F.; LIMA, E.V.; TIRITAN, C.S. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.4, p.643-649. 2005.

DALTO, G. **Manejo de silicato e calcário em soja cultivada sobre palhada de cana-de-açúcar**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

DELGADO, A.A.; CESAR, M.A.A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Sertãozinho: Zanini, 1977. 3v.

DEMATÊ, J.L.I. Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade do solo. **Informações agronômicas**, v.111, p.1-24, set. 2005.

DIAS, F.L.F.; ROSSETO, R. Calagem e adubação na cana-de-açúcar. SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M de (Org.). In: **Atualização em produção de Cana-de-açúcar**. 1º ed. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 107-119.

DINARDO MIRANDA, L.L.; GIL, M.A. Efeito da rotação com *Crotalaria juncea* na produtividade da cana-de-açúcar, tratada ou não com nematicida no plantio. **Nematologia Brasileira**, v.29, 2005.

DINARDO MIRANDA, L.L.; GIL, M.A.; COELHO, A.L.; GARCIA, V.; MENEGATTI, C.C. Efeito da torta de filtro e de nematicidas sobre a infestações de nematóides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v.27, p.61-67, 2003.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Nematóides e pragas de solo em cana-de-açúcar. **Informações agronômicas**, v.110, p.25-32, jun.2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 1997.212p.

FARIA, C.M.B.; SOARES, J.M.; LEÃO, P.C.S. Adubação Verde com Leguminosas em

videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.641-648. 2004.

FIGUEIREDO FILHO, C.P. Avaliação da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com o hiperfosfato natural reativo. In: CONGRESSO NAC. DA STAB, 8, Recife, 2002. p.259-263.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2006**. São Paulo, 2006. p.227-249: cana-de-açúcar.

FNP CONSULTORIA e COMÉRCIO. **Agrianual 2002**. São Paulo, 2002. p.227-249: cana-de-açúcar.

GALLO, J.R.; ALVAREZ, R.; ABRMIDES, E. Amostragem de cana-de-açúcar para fins de análise foliar. **Bragantia**, Campinas, v.21, p. 899-920. 1962.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com mellich-1, mellich-3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.363-371. 2005.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. Modificações nas formas de Fósforo do solo após extrações sucessivas com mehlich-1, mehlich-3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.363-371. 2005.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R. Modificações nas formas de fósforo do solo após extrações sucessivas com mehlich1, mehlich 3 e resina trocadora de ânions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.363-371. 2005.

GLÓRIA, N.A. da; MATTIAZZO, M.E.; PEREIRA, V.; PARO, J.M. Avaliação da produção de adubos verdes. *Saccharum*, São Paulo, 3(8), p. 31-5. 1980.

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.8 , p.97-102. 1984.

GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUZA, D.M.G. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4 , p.521-530. 1990.

GOMES, J.F.F. Produção de colmos exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) 2003. 65f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

GONÇALVES, N.H. Manejo do solo para implantação da cana-de-açúcar. SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M de (Org.). In: **Atualização em produção de Cana-de-açúcar**. 1º ed. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 93-103.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações agronômicas**, v.95, p.1-5, set.2001.

HEINRICH, R.; VITTI, G.C.; MOREIRA, A.; de FIGUEIREDO, P.A.M.; FANCELLI, A.L.; CORAZZA, E.J. Características químicas de solos e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.71-79. 2005.

JARUSSI, R.O. Efeito da adubação com termofosfato yoorin na produção agrícola, absorção de P e qualidade do caldo na cana-soca. 1998. 52f. Monografia (Graduação em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 1998.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Manejo sustentável dos solos dos cerrados. KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Org.). In: **Integração Lavoura-Pecuária**. 1º ed. Embrapa Arroz e Feijão: CIP-Brasil, 2003. p. 58-104.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p. 291-305.

KORNDORFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.212-222. 1992.

KORNDÖRFER, G.H.; FARIA, R.J. de; MARTINS, M. Efeito do fósforo na produção de cana-de-ano e cana-soca em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.10, p.1667-1673. 1998.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema de Plantio Direto**: Bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: Associação nacional para difusão de adubos, 2004. 110p.

MACEDO, N.; BOTELHO, P.S.M. Leguminosas em rotação com cana-de-açúcar e o controle de térmitas. **STAB**: açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.13, n.6, p.16-20. 1995.

MAGALHÃES, J.C.A.J.de.; VIEIRA, R.F.; PEREIRA, J.; PERES, J.R.R. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.329-337. 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2º ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARINHO, M.L.; OLIVEIRA, C.C. Efeito do P nativo e aplicado nos solos na decantação do caldo da cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Açucareiros do Brasil, 1., 1979, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1980, v.2, p.334-345.

MARTINS, N.G.S. **Os fosfatos na cana-de-açúcar**. 2004. 87f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; WUTKE, E.B. Cultivo de cereais e cana-de-açúcar após soja: economia de adubo nitrogenado. **O agrônomo**, n.54(2), p.19-20,

2002.

MASCARENHAS, H.A.A.; NOGUEIRA, S.S.S.; TANAKA, R.T.; MARTINS, A.L.M.; CARMELO, Q.A.C. Efeito na produtividade da rotação de culturas de verão e crotalária no inverno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p. 534-537.1998.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; COSTA, A.A.; ROSA, F.V.; COSTA, V.F. Efeito residual das leguminosas sobre o rendimento físico e econômico da cana-planta. **Boletim Científico IAC**, Campinas: IAC, v.32, 15p. 1994.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. Soja e adubos verdes, uma boa opção na renovação do canavial. **O agrônomo**, n.52(1), p.19, 2000.

MELO, F.A.D.; FIGUEIREDO, A.A.; ALVES, M.C.P.; FERREIRA, V.M. Parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar em diferentes fundos agrícolas da região norte do estado de Pernambuco. In: Congresso Nacional da STAB, 7., Londrina, 1998. **Anais**. Piracicaba: STAB, 1999. p. 198-202

MELO, S.P. **Silício e Fósforo para estabelecimento do capim-marandu num latossolo vermelho-amarelo**. 2005. 110f. Tese (Doutorado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2005.

MENEZES, L.A.; SOUTO JÚNIOR, M.L.; LEANDRO, W.M. Efeitos de coberturas verdes, com potencial de utilização em sistemas de plantio direto, na variabilidade espacial de nutrientes no solo. In: FERTIBIO, 2002, Rio de Janeiro – RJ. **Resumos...** Rio de Janeiro-RJ:UFRRJ, 2002. (CD-ROM).

MEYER, J.H. The role of phosphorus in the production of sugarcane in South África. **Phosphorus in Agriculture**. v.78, n.1 p.23-32. 1980.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A.; CAVALERI, P.A.; GODOY, I.J.; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVELLINI, G.S.; BULISANI, E.A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: Fundação Cargil, 1984. 138 p.

MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E., ALMEIDA, J.O.C., DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, p.187-194. 1987.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELA, J.R.; DEMATTÊ, J.L.I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenosos de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.57-61. 1991.

MOURA, R.M. Dois anos de rotação de cultura em campos de cana-de-açúcar para controle da meloidoginose. **Revista Brasileira de Fitopatologia**. V.20, n.4, p.597-600.1995.

MOZAMBANI, A.E.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V., MATTIUZ, C.F.M. História e morfologia da cana-de-açúcar. SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.;

NÓBREGA, J.C.M de (Org.). In: **Atualização em produção de Cana-de-açúcar**. 1º ed. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 11-18.

NOGUEIRA, F.D.; GUIMARÃES, P.T.G.; PAULA, M.B.; FARIA, J.F. Gesso, fosfato natural e adubo verde na cultura do alho em solo aluvial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13(3), p.349-54. 1989.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

OLIVEIRA, L.A. **Silício em arroz e soja em diferentes condições de pH rizosférico**. 2004. 105p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Planalsucar, 1983. 379p.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. **Informações agronômicas**, v.67, 10p., set. 1994.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JÚNIOR, E. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas da cana-planta, variedade CB 41-76. **Brasil açucareiro**, v.96, n3, p.37-44, 1980.

PEREIRA, J.R.; FARIA, C.M.B.; MORGADO, L.B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade de cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.1, p.43-48, jan.1995.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Informações agronômicas**, v.110, p.12-17, jun.2005.

QUEIROZ, A.A. Interação do silicato de cálcio e magnésio granulado em mistura com adubos fosfatados solúveis. 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 17, n.5, p. 544-566, 1986.

RAIJ, B. van. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p. 563-587.

RAIJ, B. Van; **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas e Fundação IAC, 285p. 1996. (Boletim Técnico 100).

REIS, E.L.; CABALA-ROSAND, P. Resposta da cana-de-açúcar ao nitrogênio, fósforo e potássio em solo de tabuleiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.10, p.129-134. 1986.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B de; CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para a distinção dos ambientes**. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002. 366p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D.V.; YASUHIRO IDE, B. **Plantio de cana-de-açúcar: Estado da Arte**. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2006. 216p.

RODRIGUES, C.R. **Frações de fósforo e produção da soja e do feijoeiro em sucessão a gramíneas adubadas com diferentes fertilizantes fosfatados**. 2005. 118f. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Federal de Lavras, 2006.

ROSSETO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M.A.; SILVA, S.F. Eficiência agrônômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NAC. DA STAB, 8, Recife, 2002. p.276-282.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Informações agrônômicas**, v.110, p.6-11, jun.2005.

SANTOS, H.Q.; FONSECA, D.M.; CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ, V.H. NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.173-182. 1987.

SEGATO, S.V.; MATTIUZ, C.F.M; MOZAMBANI, A.E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M de (Org.). In: **Atualização em produção de Cana-de-açúcar**. 1º ed. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SILVA, E.M.R.da.; de ALMEIDA, D.L.; FRANCO, A.A.; DOBEREINER, J. Adubação verde no aproveitamento de fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, p.85-88. 1985.

SILVA, F.C. da; RAIJ, B. van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.267-288, 1999.

SILVA, G.M. de A. Influência da adubação na cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA, PLANALSUCAR, cap. 4, p.317-332. 1983.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T.; FAQUIN, V. O papel dos microorganismos na disponibilidade e aquisição de fósforo pelas plantas. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p. 117-156.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **CERRADO: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF : Embrapa, 2004.416p.

SOUSA, D.M.G.de.; VOLKWEISS. Efeito residual do superfosfato triplo aplicado em pó e em grânulo no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, p.141-146. 1987 b.

SOUSA, D.M.G.de; VOLKWEISS. Reações do superfosfato triplo em grânulo com solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.11, p.133-140. 1987 a.

SOUZA, E.C.A.; YASUDA, M. **Uso agrônômico do termofosfato no Brasil**. 2º ed. Poços de Caldas: Fertilizantes Mitsui, 2003.50p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém .. (et al.). 3º ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p

TANIMOTO, O.S. **Plantio direto de soja sobre palhada de cana-de-açúcar**. CATI, Campinas, 2002. 18p.

TASSO JÚNIOR, L.C. **Cultura de soja, milho e amendoim sob diferentes sistemas de manejo do solo em área com palha residual de colheita mecanizada de cana-crua**. 2003. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Faculdade de Ciências Agrária e Veterinária, UNESP – Campus Jaboticabal, 2003.

VASCONCELOS, A.C.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.; LANDEL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.849-858. 2003.

VIDAL, A.A. **Efeito do pH na disponibilidade de silício em solo da região do Triângulo Mineiro**. 2005. 71f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; KLUTHCOUSKI; J. Benefícios da Integração Lavoura-Pecuária. KLUTHCOUSKI; J; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Org.). In: **Integração Lavoura-Pecuária**. 1º ed. Embrapa Arroz e Feijão: CIP-Brasil, 2003. p. 143-170.

VITTI, G.C.; MASSA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agrônômicas**, v.97, 2002. 16p. (Encarte técnico).

VITTI, G.C.; WIT, A. de; FERNANDES, B.E.P. Eficiência agrônômicas dos termofosfatos e fosfatos alternativos. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. In: **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p. 689-726.

WERNER, J.C. **Adubação nas pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Instituto de Zootecnia, Boletim Técnico, 18).

WUTKE, E.B.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; ARRUDA, F.B.; SAKAI, E.; AMBROSANO, G.M.B. Sucessão de culturas aumenta rendimento do feijoeiro irrigado no nordeste paulista. **O agrônomo**, n.55(1), p.10-13, 2003.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.e. **Fósforo na agricultura brasileira**. 2º ed. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 2004. p. 563-587.

ZAMBELO JÚNIOR, E.; AZEREDO, D.F. Adubação na região centro sul. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação na cana-de-açúcar no Brasil**. São Paulo: IAA/PLANALSUCAR, 1983. P. 164-179.

ZAMBELO JÚNIOR, E.; HAAG, H.P.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, nº4, p.5-32, abr. 1981.

ZAMBELO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, nº3, p.5-26, mar. 1981.

ZANCANARO, L.; TESSARO, L.C.; HILLESHEIM, J. Adubação fosfatada e potássica da soja no cerrado. **Informações agronômicas**, v.98, p.1-5, jun.2002.

ANEXOS

Anexo 1. Produção da massa de matéria verde e matéria seca de crotalária colhida na fase de pré-florescimento, em 1 e 2 anos de cultivos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento I.

Manejo	Produção de Massa Verde		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
1 ciclo de crotalária	34,3	38,3	36,3
2 ciclos de crotalária	37,6	40,1	38,9
Média	35,9	39,2	

Manejo	Produção de Massa Seca		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
1 ciclo de crotalária	7,6	8,4	8,0
2 ciclos de crotalária	8,6	8,9	8,7
Média	8,1	8,7	

- Média de 4 repetições

Anexo 2. Teor percentual de nitrogênio, potássio e fósforo na parte aérea (colmos + folhas) de crotalária coletada na fase de pré-florescimento, com 1 e 2 anos de cultivos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento I.

Manejo	Teor de Nitrogênio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	1,03	1,12	1,08
2 ciclo de crotalária	1,02	1,38	1,20
Média	1,02	1,25	

Manejo	Teor de Potássio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	0,86	0,91	0,89
2 ciclos de crotalária	1,00	1,10	1,05
Média	0,93	1,01	

Manejo	Teor de Fósforo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	0,12	0,15	0,13
2 ciclos de crotalária	0,11	0,17	0,14
Média	0,12	0,16	

- Média de 4 repetições

Anexo 3. Quantidade de nitrogênio, potássio e fósforo extraída (kg ha^{-1}) a partir da produtividade de massa seca de crotalária coletada na fase de pré-florescimento, com 1 e 2 anos de cultivos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento I.

Manejo	Nitrogênio extraído		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- kg ha^{-1} -----		
1 ciclo de crotalária	78,0	95,0	87,0
2 ciclos de crotalária	87,0	123,0	105,0
Média	83,0	109,0	

Manejo	Potássio extraído		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- kg ha^{-1} -----		
1 ciclo de crotalária	66,0	77,0	71,0
2 ciclo de crotalária	86,0	98,0	92,0
Média	76,0	87,0	

Manejo	Fósforo extraído		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- kg ha^{-1} -----		
1 ciclo de crotalária	8,9	12,2	10,6
2 ciclo de crotalária	9,6	14,8	12,2
Média	9,3	13,5	

- Média de 4 repetições

Anexo 4 . Produção de grãos de soja, cultivada em 1 e 2 anos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento I.

Manejo	Produção de grãos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	----- Mg ha^{-1} -----		
1 ciclo de soja	1,71	1,83	1,77
2 ciclo de soja	2,17	2,27	2,22
Média	1,94	2,05	

- Média de 4 repetições

Anexo 5. Produção de massa verde e seca de crotalária colhida na fase de pré-florescimento, em 1 e 2 anos de cultivos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo no Experimento II.

Manejo	Produção de massa verde		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
1 ciclo de crotalária	32,30	42,30	37,30
2 ciclos de crotalária	34,10	40,30	37,20
Média	33,20	41,30	

- Média de 4 repetições

Anexo 6. Teor de nitrogênio, potássio e fósforo na parte aérea (colmos + folhas) de crotalaria coletada na fase de pré-florescimento, com 1 e 2 anos de cultivos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento II.

Manejo	Teor de Nitrogênio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	1,610	1,698	1,654
2 ciclo de crotalária	1,330	1,558	1,444
Média	1,470	1,628	

Manejo	Teor de Potássio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	1,388	1,538	1,463
2 ciclos de crotalária	1,613	1,713	1,663
Média	1,501	1,626	

Manejo	Teor de Fósforo		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----%-----		
1 ciclo de crotalária	0,138	0,217	0,178
2 ciclos de crotalária	0,110	0,208	0,159
Média	0,124	0,213	

- Média de 4 repetições

Anexo 7. Produção de grãos de soja, cultivada em 1 e 2 anos consecutivos, na presença e na ausência de fósforo, no Experimento II.

Manejo	Produção de grãos		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----Mg ha ⁻¹ -----		
1 ciclo de crotalária	2,02	2,26	2,14
2 ciclo de crotalária	2,61	2,96	2,79
Média	2,32	2,61	

- Média de 4 repetições

Anexo 8. Teor de K no solo, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no Experimento I

Manejo	Potássio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
-----mg dm ⁻³ -----			
Pousio	35	26	31 a
1 ciclo de soja	19	38	28 a
2 ciclo de soja	24	26	25 a
1 ciclo de crotalária	30	44	37 a
2 ciclo de crotalária	21	31	26 a
Média	26 A	32,92 A	
CV ₁	45,26	45,22	
CV ₂	47,60	47,60	
D.M.S (manejo)		21,20	
D.M.S (fósforo)		9,16	

Anexo 9. Teor de K no solo, coletado aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, no Experimento II

Manejo	Potássio		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
-----mg dm ⁻³ -----			
Pousio	34	33	34 a
1 ciclo de soja	29	27	28 a
2 ciclo de soja	32	26	29 a
1 ciclo de crotalária	26	17	22 a
2 ciclo de crotalária	21	18	19
Média	28 A	24 A	
CV ₁	48,18	48,18	
CV ₂	32,09	32,09	
D.M.S (manejo)		20,01	
D.M.S (fósforo)		8,65	

Anexo 10. Teor de cobre, ferro, manganês e zinco foliar na folha +3, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, do Experimento I.

Manejo	Cobre foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
-----mg dm ⁻³ -----			
Pousio	1,25 a A	1,33 a A	1,29 a
1 ciclo de soja	1,00 a A	1,25 a A	1,13 a
2 ciclo de soja	1,00 a A	1,75 a B	1,38 a
1 ciclo de crotalária	0,67 a A	1,75 a B	1,21 a
2 ciclo de crotalária	1,50 a A	1,50 a B	1,50 a
Média	1,08 A	1,52 A	

“...Continua...”

TABELA 10, Cont.”

CV ₁	51,42	51,42	
CV ₂	40,43	40,43	
D.M.S (manejo)		1,02	
D.M.S (fósforo)		0,715	
	Ferro foliar		
Manejo	Sem Fósforo	Com Fósforo	Média
	-----mg.dm ⁻³ -----		
Pousio	54	52	53 a
1 ciclo de soja	54	58	56 a
2 ciclo de soja	56	57	56 a
1 ciclo de crotalária	51	54	52 a
2 ciclo de crotalária	51	57	54 a
Média	53 A	56 A	
CV ₁	10,17	10,17	
CV ₂	10,49	10,49	
D.M.S (manejo)		8,83	
D.M.S (fósforo)		3,79	
	Manganês foliar		
Manejo	Sem Fósforo	Com Fósforo	Média
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	147	149	148 a
1 ciclo de soja	141	156	148 a
2 ciclo de soja	179	156	168 a
1 ciclo de crotalária	164	156	160 a
2 ciclo de crotalária	155	180	167 a
Média	157 A	159 A	
CV ₁	13,67	13,67	
CV ₂	14,11	14,11	
D.M.S (manejo)		34,48	
D.M.S (fósforo)		14,83	
	Zinco foliar		
Manejo	Sem Fósforo	Com Fósforo	Média
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	28,0	24,0	26,0 a
1 ciclo de soja	27,8	28,0	27,9 a
2 ciclo de soja	25,3	27,0	26,2 a
1 ciclo de crotalária	25,7	27,0	26,3 a
2 ciclo de crotalária	27,5	25,8	26,6 a
Média	26,9 A	26,4 A	
CV ₁	9,16	9,16	
CV ₂	9,49	9,49	
D.M.S (manejo)		3,88	
D.M.S (fósforo)		1,68	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

Anexo 11. Teor de cobre, ferro, manganês e zinco foliar na folha +3, coletada aos 8 meses de desenvolvimento da cana de 1º soca, do Experimento II.

Manejo	Cobre foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	1,75	1,25	1,50 a
1 ciclo de soja	1,25	1,00	1,13 a
2 ciclo de soja	1,25	1,75	1,50 a
1 ciclo de crotalária	1,50	1,56	1,53 a
2 ciclo de crotalária	2,25	1,26	1,75 a
Média	1,60 A	1,36 A	
CV ₁	32,65	32,65	
CV ₂	39,75	39,75	
D.M.S (manejo)		0,771	
D.M.S (fósforo)		0,391	

Manejo	Ferro foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	65	104	84 a
1 ciclo de soja	65	64	64 a
2 ciclo de soja	79	64	72 a
1 ciclo de crotalária	61	65	63 a
2 ciclo de crotalária	61	63	62 a
Média	66 A	72 A	
CV ₁	24,92	24,92	
CV ₂	23,40	23,40	
D.M.S (manejo)		27,36	
D.M.S (fósforo)		10,71	

Manejo	Manganês foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	105	94	99 ab
1 ciclo de soja	111	101	106 ab
2 ciclo de soja	85	73	79 a
1 ciclo de crotalária	122	110	116 ab
2 ciclo de crotalária	105	101	103 ab
Média	106 B	96 A	
CV ₁	17,16	17,16	
CV ₂	12,57	12,57	
D.M.S (manejo)		27,53	
D.M.S (fósforo)		8,41	

Manejo	Zinco foliar		Média
	Sem Fósforo	Com Fósforo	
	-----mg dm ⁻³ -----		
Pousio	25,8	25,3	25,5 ab
1 ciclo de soja	24,8	26,3	25,5 ab
2 ciclo de soja	26,5	26,5	26,5 b

“...Continua...”

“TABELA 11, Cont.”

1 ciclo de crotalária	25,0	25,8	25,4 ab
2 ciclo de crotalária	25,3	22,5	23,9 a
Média	25,45 A	25,3 A	
CV ₁	5,10	5,10	
CV ₂	8,59	8,59	
D.M.S (manejo)		2,06	
D.M.S (fósforo)		1,45	

CV₁ - Coeficiente de variação do fator parcela (Manejo)

CV₂ - Coeficiente de variação do fator subparcela (Fosfatagem)

- médias seguidas por letras distintas maiúsculas na linha apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade.

- médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna apresentam diferença estatística, a 5% de probabilidade