

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO NO
DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO
BROMATOLÓGICA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

GUSTAVO CAIONE
Engenheiro Agrônomo

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO NO
DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO
BROMATOLÓGICA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

GUSTAVO CAIONE

Orientador: Prof. Dr. Francisco Maximino Fernandes

Co-orientador: Prof. Dr. Anderson Lange

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

- C135a Caione, Gustavo.
Avaliação de fontes de fósforo no desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica de cana-de-açúcar / Gustavo Caione -- Ilha Solteira: [s.n.], 2011
74 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2011
- Orientador: Francisco Maximino Fernandes
Co-orientador: Anderson Lange
Inclui bibliografia
1. Cana-de-açúcar. 2. Adubação fosfatada. 3. Farinha de ossos.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

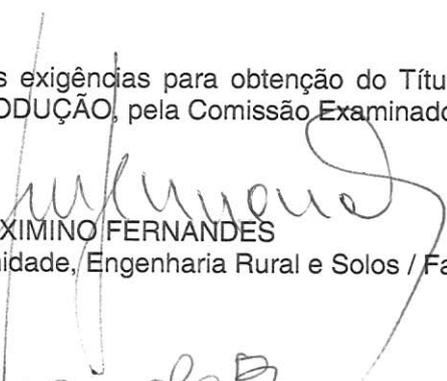
TÍTULO: Avaliação de fontes de fósforo no desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica de cana-de-açúcar

AUTOR: GUSTAVO CAIONE

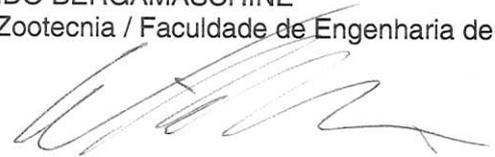
ORIENTADOR: Prof. Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. ANDERSON LANGE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO BERGAMASCHINE
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. WILLIAM NATALE
Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Data da realização: 14 de abril de 2011.

À Deus & Nossa Senhora Aparecida por me permitir a realização deste sonho, livrando-me de todos os males, dando-me forças para superar as dificuldades de estar longe de casa e da família e pelo crescimento profissional.

Aos meus pais **João Caione & Tereza Pereira de Lima Caione**, meus infinitos agradecimentos pelo apoio e por ser o alicerce em minha vida. Espero retribuí-los da melhor maneira possível, fazendo com que se orgulhem de cada conquista e de tudo que fizeram por mim.

Ao Meu irmão **Wagner Caione** por sempre me ajudar no possível e impossível e sempre me incentivar, sou muito grato. Sei também que esta muito feliz com esse momento.

À **Andréia Nayara Knupp**, minha eterna namorada, que apesar das dificuldades encontradas devido à distância, sempre tentamos superar. E, com certeza superaremos e seremos recompensados. Sou muito grato pelo seu apoio e compreensão.

Dedico & Ofereço

Aos meus ex-professores da Universidade do Estado de Mato Grosso por todos os ensinamentos e amizade formada.

Aos meus Orientadores Francisco Maximino Fernandes e Anderson Lange pelos ensinamentos que me ajudaram a crescer profissionalmente e que serão muito uteis futuramente.

Minha Gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e Nossa Senhora Aparecida por sempre ter me guiado no caminho certo e ter me concedido mais esta oportunidade e a concretização de mais este passo em minha formação, dando-me forças nos momentos difíceis e coragem para encarar os desafios.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP de Ilha Solteira), pela oportunidade concedida para a realização deste curso, que sempre foi um grande sonho a ser realizado e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

Ao meu Orientador, Professor Dr. Francisco Maximino Fernandes, pela confiança em minha pessoa, pelos conhecimentos compartilhados, idéias e correções que enriqueceram o estudo e servirão de base para minha caminhada. Acima disto, agradeço pelo exemplo de pessoa, amizade e bons conselhos.

Ao meu Co-orientador, Professor Dr. Anderson Lange, por me orientar desde a Graduação, sempre transmitindo bons conhecimentos e idéias. Meu muito obrigado pela amizade e por estar sempre disposto a me ajudar crescer.

À todos os demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNESP de Ilha Solteira, pela amizade, dedicação e contribuição à minha formação acadêmica. Em especial aos professores Edson Lazarini, Marlene Cristina Alves, Marco Eustáquio de Sá, Salatiér Buzetti, Marcelo Andreotti, Ana Maria Rodrigues Cassiolato, João Antonio da Costa Andrade e Walter Veriano Valério Filho.

Ao Professor Dr. Antonio Fernando Bergamaschine (Mineiro) pelas idéias e ajuda na realização deste estudo e disposição em participar da banca avaliadora.

Ao Professor Dr. William Natale por aceitar o convite em participar da banca avaliadora.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação e bibliotecários, pela dedicação e atenção concedida.

Aos técnicos de laboratório Sidival (Laboratório de Bromatologia), João e Carlinhos (Laboratório de Fertilidade do Solo) e Marcelo (Laboratório de Nutrição de Plantas).

A todos os amigos da Pós-Graduação, em especial: Luis Lessi do Reis, Amilton Ferreira da Silva, Flávio Carlos Dalchiavon, Ronny Clayton Smarsi, Renato Jaqueto Goes, Claudinei Kappes, Débora Marchini, Adriana Avelino, Flávia Mariano, Erica Moreira, Gilmar Oliveira Santos e Admar Júnior Coletti. Aos demais colegas aqui não mencionados, mas que de uma forma ou de outra, sabem que contribuíram e incentivaram a realização deste trabalho, agradeço.

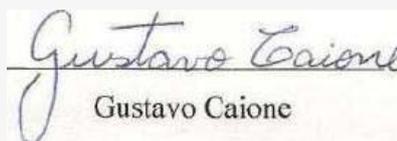
Aos colegas de república, Felipe (Piriquito), Thiago (Jhony), Luiz (Sorin), Mário (Sem maldade) e Amilton, pelo companheirismo durante este ano de convivência.

Aos meus pais João Caione e Tereza Pereira de Lima Caione e meu irmão Wagner Caione, que mesmo à distância sempre me incentivaram, apoiaram e trabalharam incansavelmente para me dar esta oportunidade de estar aqui hoje. Isto me fortalece a cada dia e me responsabiliza a retribuí-los da forma como merecem. À minha namorada Andréia Nayara Knupp pelo amor dedicado em mim, compreensão, apoio e incentivo que sem dúvida me fortaleceu muito. Agradeço infinitamente por tudo que fizeram e fazem por mim e representam em minha vida e tenho certeza que estão muito felizes e orgulhosos por esse momento, assim como Eu.

Muito Obrigado!

Ilha Solteira – SP,

Abril de 2011


Gustavo Caione

AVALIAÇÃO DE FONTES DE FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Autor: Gustavo Caione

Orientador: Francisco Maximino Fernandes

Co-orientador: Anderson Lange

RESUMO

Com a expansão da cana-de-açúcar em áreas nas quais não é tradicional seu cultivo, há a necessidade de se estudar o manejo da adubação, principalmente do fósforo (P), que é o nutriente que mais limita a produção em regiões tropicais. Objetivou-se, com este trabalho, comparar o efeito de fontes de P, em duas variedades de cana-de-açúcar. O experimento foi realizado no município de Alta Floresta - MT, Brasil, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, durante o período de novembro de 2007 a julho de 2010. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4x2, sendo avaliados os fatores fontes de P (farinha de ossos, fosfato de Arad e superfosfato triplo), na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, acrescidas de um controle, sem aplicação do nutriente, e as variedades IAC86-2480 e SP79-1011, com quatro repetições. As avaliações foram efetuadas durante os três primeiros ciclos da cultura. Avaliou-se a altura de plantas, diâmetro de colmos, número de colmos, massa de uma planta, produtividade de matéria verde e seca, concentração de P na planta, exportação de P, °Brix, composição bromatológica e análise química do solo. Maiores efeitos da adubação fosfatada foram observados na cana-planta. No segundo e terceiro ciclo, o efeito residual da adubação fosfatada não influenciou na produtividade da cultura. A farinha de ossos demonstrou ser mais eficiente no suprimento de P para a cana-de-açúcar e na disponibilidade do nutriente no solo. As fontes de P não influenciaram na composição bromatológica da cana-de-açúcar. A variedade IAC86-2480 mostrou melhores resultados em relação a SP79-1011, sendo a mais indicada para a região como cana-de-açúcar forrageira.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp. Adubação fosfatada. Farinha de ossos.

EVALUATION OF PHOSPHORUS SOURCES IN THE DEVELOPMENT, PRODUCTIVITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF SUGAR CANE

Author: Gustavo Caione

Adviser: Francisco Maximino Fernandes

Co-adviser: Anderson Lange

ABSTRACT

With the expansion of sugar cane in areas that are not traditional in her cultivation, there is need of study the management of fertilizer, mainly phosphorus (P), since it's the nutrient that most limits the production in the tropics. The aim of this study was to compare the effect of phosphorus sources over two sugarcane cultivars. The study was carried out in Alta Floresta, Mato Grosso State, Brazil, in a Hapludox soil, during the period November 2007 to July 2010. The experimental design was randomized blocks, in a 4x2 factorial scheme, being evaluated the effect of P sources (bone flour, Arad phosphate, and triple superphosphate), at a 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ dose, a control without nutrient application, and the IAC86-2480 and SP79-1011 cultivars, with four replications. The assessments were conducted during the first three crop cycles. Was evaluated the plant height, stalk diameter, number of stalks, weight of a plant, yield of green and dry matter, concentration of P in the plant, export of P, Brix, chemical composition and soil chemical analysis. Major effects of phosphorus fertilization were observed in the sugar cane plant. In the second and third cycle, the residual effect of phosphorus fertilization did not influence the yield. The bone flour showed her self to be more effective in supplying P to the sugar cane and the availability of nutrients in the soil. The P sources had no influence on the chemical composition of sugar cane. The variety IAC86-2480 showed better results compared to SP79-1011, being the most indicated for the region as sugar cane forage.

KEYWORDS: *Saccharum* spp. Phosphate fertilization. Bones flour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluvial durante o primeiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2007/2008).....	25
Figura 2 - Precipitação pluvial durante o segundo ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2008/2009).....	26
Figura 3 - Precipitação pluvial durante o terceiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2009/2010).....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo da área experimental. Alta Floresta - MT (2007).....	27
Tabela 2 - Teor de P ₂ O ₅ total e solubilidade das fontes de fósforo utilizadas no experimento (Alta Floresta, MT - 2008).....	28
Tabela 3 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m ⁻¹ (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.....	34
Tabela 4 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.....	36
Tabela 5 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e proteína bruta (PB) de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.....	40
Tabela 6 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m ⁻¹ (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	43
Tabela 7 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	44
Tabela 8 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL) e proteína bruta (PB) de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	46
Tabela 9 - Desdobramento da interação entre fontes de fósforo e variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), para teor de lignina em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	47

Tabela 10 - Valores médios de fósforo ($P_{\text{-resina}}$), matéria orgânica (M.O.), pH (CaCl_2), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no segundo corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	48
Tabela 11 - Valores médios de acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no segundo corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.....	52
Tabela 12 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m^{-1} (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (3° ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2010.....	53
Tabela 13 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (3° ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2010.....	54
Tabela 14 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (PB) e cinzas (CIN) de variedades de cana-de-açúcar (3° ciclo), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2010.....	58
Tabela 15 - Valores médios de fósforo ($P_{\text{-resina}}$), matéria orgânica (M.O.), pH (CaCl_2), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no terceiro corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2010.....	60
Tabela 16 - Valores médios de acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no terceiro corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2010.....	62
Tabela 17 - Produtividade de matéria verde durante o período de condução do experimento, ganho de produção em relação ao controle e diferença de produção entre variedades em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008, 2009 e 2010.....	63
Tabela 18 - Exportação de fósforo durante o período de condução do experimento, diferença de exportação em relação ao controle e diferença de exportação entre variedades, em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008, 2009 e 2010.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Cana-de-açúcar para fins forrageiros.....	17
2.2 Fósforo no solo	18
2.3 Fontes de fósforo	20
2.4 Fósforo na planta	21
2.5 Adubação fosfatada	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 Localização da área experimental e clima.....	25
3.2 Caracterização do solo.....	27
3.3 Delineamento experimental e tratamentos	27
3.3.1 Variedade IAC86-2480.....	28
3.3.2 Variedade SP79-1011	28
3.4 Instalação e condução do experimento.....	29
3.5 Avaliações	30
3.5.1 Número de colmos por metro linear	30
3.5.2 Diâmetro de colmo	30
3.5.3 Altura de planta	30
3.5.4 °Brix.....	31
3.5.5 Massa de uma planta e produtividade de matéria verde.....	31
3.5.6 Produtividade de matéria seca	31
3.5.7 Fósforo na planta	31
3.5.8 Exportação de fósforo pela cana-de-açúcar.....	31
3.5.9 Determinação da composição bromatológica da forragem	32
3.5.10 Atributos químicos do solo.....	32

3.6 Análise estatística dos resultados	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Cana-Planta (1º ciclo).....	34
4.2 Cana-Soca (2º ciclo)	43
4.3 Cana-Soca (3º ciclo)	53
4.4 Produção acumulada de matéria verde de cana-de-açúcar	63
4.5 Exportação acumulada de fósforo pela cana-de-açúcar	64
5 CONCLUSÕES	66
6 REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, produzindo 625 milhões de toneladas, com produtividade média de 77,8 t ha⁻¹ de colmos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2011). Estima-se que 10% da área cultivada com cana-de-açúcar sejam destinadas à alimentação animal, com produtividade média anual de 110 t ha⁻¹ de matéria verde, o que corresponde a uma produção em torno de 60 milhões de toneladas (LANDELL et al., 1999; ANDRADE et al., 2003).

No estado de Mato Grosso a maior importância da cultura é para a indústria sucroalcooleira, sobretudo no sul do Estado. No entanto, no norte do Estado, a produção de cana é basicamente para a alimentação animal, sob a forma de forragem, sendo utilizada na estação seca, período em que as pastagens apresentam quantidade insuficiente de forragem para o consumo animal, pois as mesmas se encontram com vários anos de cultivo, e assim, a estação seca torna-se ainda mais agravante, necessitando desta forma, de um período de descanso das pastagens. Neste contexto, há uma crescente demanda pelo plantio da cana-de-açúcar, que se apresenta como uma alternativa devido ao seu período de corte coincidir com a estação seca, produtividade elevada de massa verde e matéria seca, fácil cultivo e manutenção do seu valor nutricional durante longo tempo permitindo vários cortes. No entanto, ainda há poucas informações nesta região sobre o manejo da adubação, principalmente do fósforo (P), que é o nutriente que mais limita o desenvolvimento e a produtividade da cultura, sendo que em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, há elevada competição entre o solo (fixação) e a planta (absorção) pelo ânion fosfato.

Na cana-de-açúcar o P desempenha função-chave no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose (KORNDÖRFER, 2004). O fornecimento de P em quantidade adequada favorece também o enraizamento, o perfilhamento e a absorção dos demais nutrientes.

De acordo com Lana et al. (2004), a baixa eficiência das adubações fosfatadas evidencia a necessidade de novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo. Logo, a eficiência do P aplicado varia de acordo com os tipos de fertilizantes fosfatados (ERNANI; BARBER, 1991).

As principais fontes de P podem ser classificadas, basicamente, em solúveis, pouco solúveis e insolúveis. As solúveis são prontamente disponíveis e, por isso mesmo, as mais utilizadas para aumentar a quantidade de P para as plantas. Esta rápida liberação de P, pode

também favorecer o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis aos componentes do solo, tornando-se indisponível para as plantas. Usualmente recomenda-se que a aplicação dessas fontes solúveis seja localizada, no sulco de plantio, havendo assim, maior contato e proximidade com o sistema radicular das plantas, facilitando o processo de absorção. No caso dos fosfatos naturais, a dissolução depende da superfície de contato com o solo, sendo aumentada se o fertilizante for aplicado em área total e incorporado, o que, não necessariamente, reflete em aumento na eficiência da adubação.

Fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade em água e boa solubilidade em ácidos fracos, como o ácido cítrico e citrato neutro de amônio, liberam o P no solo mais lentamente, diminuindo sua fixação pelo solo. Por outro lado, em alguns casos, dependendo da fonte aplicada, tipo de solo, cultura cultivada, entre outros fatores, esta lenta liberação de P pode implicar em restrições de P para as plantas. Neste contexto, a farinha de ossos, resultante do abate de animais e aproveitamento de ossos, principalmente bovinos, destaca-se como um dos fertilizantes fosfatados mais tradicionais. É considerado um adubo de primeira ordem, sendo que em regiões de clima quente apresenta reação no solo em poucos dias após sua aplicação. Porém, em regiões frias sua reação torna-se um pouco lenta.

Na região norte do estado de Mato Grosso, o uso da farinha de ossos como fonte de P tem despertado interesse, principalmente em função do baixo custo por unidade de P, em relação às demais fontes e, disponibilidade do produto. Atualmente as indústrias frigoríficas localizadas no município de Alta Floresta, abatem diariamente 1.000 bovinos, em média, gerando uma quantidade significativa de farinha de ossos, que é utilizada, basicamente, na fabricação de rações para monogástricos. Contudo, a demanda pelo produto é baixa e, assim, tem-se disponível um produto orgânico, com quantidades significativas de P, Ca e outros elementos traços, que pode apresentar boa eficiência para fins de adubação. Outra vantagem ao se utilizar fontes orgânicas de P é para a vida de microrganismos, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a mobilidade de P no solo.

Sendo assim, o uso de fontes alternativas de P tem adquirido grande importância, basicamente em decorrência do custo elevado dos fertilizantes fosfatados solúveis e do aumento da oferta de fosfatos naturais e orgânicos de melhor eficiência agrônômica (CARAMORI, 2000).

Em função dos baixos teores de P nos solos da região norte do estado de Mato Grosso, aliado a disponibilidade de um produto orgânico como fonte alternativa do elemento, torna-se necessário um estudo que comprove a eficiência dessa fonte, bem como o estudo de variedades de cana-de-açúcar que melhor se adaptam a esta região que é caracterizada pela

produção animal à pasto, onde a cana-de-açúcar é a principal forrageira utilizada na estação seca do ano, especialmente por pequenos e médios produtores.

Diante disso, a hipótese desta pesquisa é fundamentada em que a fonte orgânica de P (farinha de ossos), aplicada no sulco de plantio, tenha melhor eficiência no fornecimento de P para as plantas e melhor efeito residual, assim como o fosfato natural de rocha (fosfato de Arad), em comparação com uma fonte mineral solúvel (superfosfato triplo). É possível, também, que haja interação significativa entre as fontes de P e as variedades de cana-de-açúcar.

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento, a produtividade e a composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar, durante três ciclos, sob efeito da adubação fosfatada no sulco de plantio, buscando determinar a fonte mais eficiente na disponibilização de P ao longo dos anos, bem como, avaliar o efeito causado nas propriedades químicas do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar para fins forrageiros

Na escolha da variedade de cana-de-açúcar para a finalidade forrageira, um parâmetro importante a se observar é a relação entre o conteúdo de FDN e o teor de açúcares, de modo que, quanto menor esta relação, melhor a variedade será para uso como cana forrageira (GOODING, 1982). Outras características que têm justificado a escolha da cana-de-açúcar como alternativa de volumoso na dieta de bovinos no período da estação seca são: elevada produção de energia por unidade de área cultivada; fácil cultivo e baixo custo de matéria seca produzida por unidade de área; coincidência de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem e a manutenção do valor nutritivo por longo tempo após a maturação (ANDRADE, 1995; FERNANDES et al., 2001).

De acordo com Matos (2008), em decorrência destas características e de sua ampla utilização na nutrição animal, vários institutos de pesquisa vem desenvolvendo novas cultivares de cana forrageira. As características desejáveis destas cultivares são: melhor capacidade de rebrota e perfilhamento no período da seca, maior uniformidade de colmos (diâmetro e altura), porte ereto das touceiras, ausência de florescimento e joçal, maior resistência a doenças e pragas, maior rendimento por corte e despalha espontânea dos colmos em caso de manejo manual, bem como, elevação do seu valor nutritivo e menor teor de fibras, proporcionando aos animais, melhores índices zootécnicos (maior ganho de peso, melhor conversão e eficiência alimentar).

Segundo Barbosa e Silveira (2006), as características da variedade da cana-de-açúcar a ser utilizada na alimentação animal devem ser baseadas principalmente na produtividade de forragem, qualidade nutricional e facilidade de colheita.

Quando em estágio final de maturação, o teor de FDN da cana-de-açúcar é baixo, comparado a outras forrageiras tropicais. O baixo conteúdo de fibra é sinônimo de alto conteúdo energético, que propicia menor uso de alimentos concentrados, reduzindo o custo das dietas (RESENDE et al., 2003). Valores médios de FDN em cana-de-açúcar encontrados na literatura variam de 45% a 56% e, para FDA, variam de 26% a 35% (FARIA et al., 1998; FERNANDES et al., 2001; FERNANDES et al., 2003).

Fernandes et al. (2003), estudando o desempenho de variedades de cana-de-açúcar de ciclo precoce e intermediário para fins forrageiros, sendo estas à saber: RB76-5418, RB85-5453, RB85-5336, SP80-1842 e SP81-1763 (ciclo precoce) e RB85-5113, RB73-9359, RB86-

7515, SP79-2233 e SP79-1011 (ciclo intermediário), verificaram que as variedades de ciclo de produção intermediário apresentaram melhor valor nutricional que as precoces, caracterizadas pelos menores teores de FDN e FDA e que o avanço da idade de corte acarretou redução da fibra potencialmente digestível.

Kung Júnior e Stanley (1982), avaliando o valor nutritivo da cana-de-açúcar entre 6 e 24 meses de crescimento, destacaram as seguintes variações na composição bromatológica: aumento no conteúdo de MS de 21,4 para 31,5%; diminuição no teor de PB de 6,4 para 1,8% na MS; diminuição nos teores de FDN e FDA de 68,5 para 52,6% e de 41,5 para 34,2% na MS, respectivamente e aumento na digestibilidade *in vitro* da matéria seca de 52,6 para 60,3%. Carvalho (1992), avaliando cinco variedades de cana-de-açúcar, observou que houve máxima concentração de fibra insolúvel em detergente neutro próximo aos 241 dias de idade, havendo redução no teor à medida que avançava a idade de corte.

A digestibilidade é conhecida como a aptidão de um alimento para ser digerido por determinada espécie animal, sendo este parâmetro de grande importância na formulação de dietas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, 2001).

Rodrigues, Primavesi e Esteves (1997), estudando porcentagem de colmos, folhas, teores de FDN nos colmos, nas folhas e na planta inteira e relação FDN/Brix, concluíram que as variedades mais adequadas para a alimentação de bovinos foram as SP71-1284, SP79-1011, RB76-5418 e NA-5679, pois apresentavam porcentagens de FDN na planta inteira menor do que 52; porcentagem de colmos maior do que 80 e relação FDN/Brix menor ou igual a 2,7, considerando-se que o valor de °Brix foi calculado em gramas de açúcar de cana em 100 g de solução a 20°C.

Segundo Landell et al. (2002), com o início da estação chuvosa diminui o teor de carboidratos solúveis na planta e, portanto, nessa época o valor nutritivo da cana-de-açúcar é menor. Assim, o período no qual se recomenda utilizá-la na alimentação animal é na seca, ou seja, quando a cana-de-açúcar apresenta níveis máximos de açúcares.

2.2 Fósforo no solo

Estima-se que apenas de 5 a 20% do P solúvel adicionado ao solo, como adubo, seja aproveitado no primeiro ano pela cultura e que 80 a 95% dele sejam fixados. Isso ocorre principalmente devido à presença de alumínio (Al) e ferro (Fe), que formam com o P, fosfatos de Al e de Fe altamente insolúveis. Desse modo, uma das práticas mais fáceis e econômicas de minimizar essa fixação do P é a calagem, pois esta insolubiliza o Al e o Fe, diminuindo sua

ação fixadora (ALCARDE; GUIDOLIN; LOPES, 1998). De acordo com Gama (2002), a presença de óxidos e hidróxidos de Fe e Al na fração coloidal são os principais responsáveis em reter P no solo. No entanto, existe um equilíbrio químico entre as formas de P em solução e fracamente ligadas aos minerais do solo e a matéria orgânica (P lábil). Assim que o P é retirado da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de P são formadas, aumentando o “pool” de P não-lábil (RAIJ, 1991).

No solo, a mobilidade do P é mínima e, conseqüentemente, suas perdas por lixiviação são desprezíveis. Em solos onde anualmente se aplica fertilizantes fosfatados ocorre um acúmulo do nutriente, devido à baixa mobilidade e ao efeito residual do P. O P apresenta reações típicas de adsorção e precipitação com minerais da fração argila do solo, principalmente (adsorção) e com íons na solução do solo (precipitação), que levam à sua imobilidade e, conseqüentemente, ao seu característico efeito residual. Kämprath (1977) considera que a fixação do P adicionado sob a forma de fertilizantes, nos solos altamente intemperizados dos trópicos úmidos, ocorre predominantemente por reações com compostos de Fe e Al.

Ao aplicar adubos fosfatados 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 aproveitado pelas plantas. A magnitude dessa recuperação, que depende 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 (SOUSA; LOBATO, 2004). Tradicionalmente, tem-se recomendado a aplicação das fontes solúveis de maneira localizada no sulco de plantio (PRADO; FERNANDES, ROQUE, 2001) de modo a diminuir o contato do íon fosfato com o solo, diminuindo dessa forma a ação fixadora. No caso dos fosfatos naturais, a dissolução depende da superfície de contato com o solo, sendo aumentada se o fertilizante for aplicado em área total e incorporado (HOROWITZ; MEURER, 2004). No entanto, é importante estabelecer um manejo adequado, pela combinação apropriada das adubações corretiva e de manutenção no sulco de plantio (MIRANDA; MIRANDA, 2003).

2.3 Fontes de fósforo

A característica mais importante da fonte de P é a sua eficiência agronômica, a qual expressa sua capacidade de promover o maior acréscimo de produtividade por unidade de P aplicado (SOUSA; LOBATO, 2004).

Os fertilizantes fosfatados pouco solúveis (fosfatos naturais de baixa reatividade) devem ser aplicados a lanço, em área total, e incorporados ao solo. Os fertilizantes mais solúveis devem ser aplicados mais localizados, próximos às raízes, pois são pouco móveis no solo (difusão), além de uma possível redução nas perdas por lixiviação (LOPES; GUILHERME, 2000).

Fertilizantes fosfatados de baixa solubilidade em água e boa solubilidade em ácidos fracos (como o ácido cítrico e citrato neutro de amônio) liberam o P no solo mais lentamente, diminuindo a sua fixação no solo. Um dos mais tradicionais fertilizantes fosfatados insolúveis em água, porém solúvel em ácidos fracos, é a farinha de ossos, resultante do abate de animais, principalmente bovinos (CAVALLARO JÚNIOR, 2006).

Segundo Kiehl (1985), a farinha de ossos contém 24 a 35% de P_2O_5 total. A concentração de P_2O_5 é dependente do processamento (autoclavagem, desengorduração ou degelatinização) dos ossos bovinos. É considerado um adubo de primeira ordem, apresentando reação no solo em poucos dias após sua aplicação em climas quentes e temperado-quentes. Porém, em regiões frias e temperadas sua reação torna-se um pouco lenta (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2002).

Singh et al. (1993), citado por Cavallaro Júnior (2006), estudando fontes e doses de P de baixa solubilidade, verificaram que a farinha de ossos disponibilizou 35% a 50% de P_2O_5 após 45 dias de sua aplicação. Almeida (2002) ressalta a importância do uso de fontes orgânicas de P, pois possui um papel fundamental para a vida de microrganismos, aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC) e a mobilidade de P no solo.

Segundo Kliemann e Lima (2001), os fosfatos de origem sedimentar possuem geologia complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). Os minerais predominantes são apatitas com rede cristalina e alto grau de substituições isomórficas de fosfato e carbonato, o que torna o cristal mais suscetível à solubilização. São muitas vezes identificados como francolitas e fosforitas. São encontrados nas regiões secas e desérticas, como Tunísia (Gafsa), Israel (Arad), Djebel-Onk, EUA (Carolina do Norte) e Marrocos (Daoui). Esses fosfatos têm solubilidade

baixíssima em água e a solubilidade em ácido cítrico ao redor de 10%, o que indica maior eficiência como fonte de P para as plantas.

Fertilizantes fosfatados naturais reativos (Gafsa, Daoui, Arad, Carolina do Norte, dentre outros) em geral, apresentam 10 a 12% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico e 28 a 30% de P_2O_5 total. A eficiência tanto dos fosfatos naturais não reativos (pó) como dos fosfatos reativos (pó e farelados) no primeiro ano, para aplicações no sulco de plantio é muito baixa (ao redor de 30% ou menos), principalmente em solos com pH em água acima de 5,5. Essa eficiência, entretanto, tende a aumentar com as práticas normais de preparo do solo (aração e gradagem) em sistemas de agricultura convencional (LOPES; GUILHERME, 2000). No entanto, de acordo com Lopes; Silva e Guilherme (1990), quando aplicados a lanço e incorporados através de gradagem e em solos com pH em água até 5,5 e teor baixo em P, têm eficiência agrônômica, para o primeiro cultivo, da ordem de 60 a 65%, em comparação com o superfosfato triplo (100%) também aplicado a lanço, sendo as doses estimadas pelo teor de P_2O_5 total desses fertilizantes.

Os fosfatos naturais de baixa reatividade podem ser usados para formação de pastagens tolerantes à acidez, com aplicação a lanço e incorporados, de preferência, em solos com pH em água até 5,5 ou no preparo de covas ou valetas para formação de culturas perenes (cafeeiro, fruticultura, etc). Outro ponto relevante quando se usam esses fosfatos naturais é a calagem, pois esta última prática deve ser feita preferencialmente após a incorporação dos fosfatos naturais (LOPES; GUILHERME, 2000).

Cantarella et al. (2002), utilizando misturas em diferentes proporções de superfosfato triplo e fosfato natural reativo de Daoui, não observaram efeito da mistura de fosfato reativo de Daoui e de fosfato solúvel em água, nas diferentes proporções, na produção de colmos ou de açúcar, concluindo que o fosfato natural de Daoui foi uma fonte eficiente para o fornecimento de P para a cultura da cana-de-açúcar.

Os fertilizantes fosfatados mais solúveis (superfosfatos e fosfatos de amônio) têm sua eficiência agrônômica aumentada de forma considerável, quando se levam em conta três aspectos: a) aplicação após uma calagem adequada; b) na forma granulada; e, c) de maneira localizada, em sulcos (LOPES; GUILHERME, 2000).

2.4 Fósforo na planta

As plantas absorvem a maior parte de seu P como íon ortofosfato primário ($H_2PO_4^-$). Pequenas quantidades do íon ortofosfato secundário (HPO_4^{2-}) são também absorvidas,

independente da fonte aplicada. O pH do solo influencia grandemente a relação destes dois íons absorvidos pela planta. Outras formas de P podem ser utilizadas, mas em quantidades muito menores que os ortofosfatos (LOPES, 1989). A capacidade de absorção de P difere entre espécies e, inclusive entre variedades (BARBOSA FILHO, 1987).

O P é um componente vital no processo de conversão da energia solar em alimento, fibra e óleo pelas plantas. O P desempenha função-chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no alongamento das células e na transferência da informação genética. O P promove a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, o crescimento da planta, acelera a cobertura do solo para a proteção contra a erosão, afeta a qualidade das frutas, dos vegetais e dos grãos e, é vital para a formação da semente. O uso adequado de P pela planta aumenta a eficiência da utilização de água, bem como, a absorção e a utilização de todos os outros nutrientes, sejam eles provenientes do solo ou do fertilizante aplicado. Contribui para aumentar a resistência da planta a algumas doenças. Ajuda a cultura a suportar baixas temperaturas e a falta de água e acelera a maturação (LOPES, 1989).

Assim como o nitrogênio (N), o P é móvel nos tecidos da planta, devido estar fortemente ligado aos processos metabólicos da planta, ficando concentrado nas regiões de crescimento mais ativo. Dessa forma, o conteúdo de P em folhas secas é consideravelmente menor do que o encontrado em folhas verdes, o que caracteriza a translocação deste elemento de tecidos maduros para os mais jovens (LOPES, 1989; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; STAUFFER; SULEWSKI, 2004).

Os sintomas de deficiência de P na cana-de-açúcar aparecem inicialmente nas folhas mais velhas apresentando-se mais finas, estreitas, curtas e arroxeadas. Causa menor brotação, perfilhamento, altura de plantas, diâmetro de colmos, encurtamento dos entrenós e sistema radicular atrofiado (KORNDÖRFER, 2004).

2.5 Adubação fosfatada

A adubação fosfatada corretiva em solos da região do Cerrado, os quais apresentam níveis extremamente baixos de P disponível (média de $0,4 \text{ mg dm}^{-3}$; método de Mehlich 1) e alta capacidade de adsorção de P, têm se constituído como passo crucial para a obtenção de adequados rendimentos econômicos em curtos períodos de tempo. Usualmente, aplicações de doses mais elevadas a lanço têm proporcionado maiores rendimentos que aquelas localizadas, nos primeiros cultivos, tendo em vista o maior desenvolvimento radicular proporcionado pela

primeira prática, condição essa que atinge maior relevância quando da ocorrência de “veranicos”. Com cultivos subseqüentes este efeito desaparece, pois os fertilizantes aplicados localizadamente passam a ser misturados com o resto da camada superficial do solo (LOPES; GUILHERME, 1994).

Sousa e Lobato (2004) apresentaram duas opções de adubação corretiva, sendo que a primeira é a corretiva de uma só vez, aplicada a lanço e incorporada à camada arável. A segunda opção é a adubação corretiva gradual, utilizada geralmente quando não se tem o capital para correção de uma só vez, consistindo em aplicar doses da corretiva total parceladas.

Um aspecto importante a ser considerado é o efeito residual da adubação fosfatada que, dependendo da dose utilizada e do tipo de solo, pode continuar beneficiando as plantas nos cultivos sucessivos. Então, para se utilizar eficientemente a adubação fosfatada e obter boas produtividades das culturas, é importante estabelecer um manejo adequado, pela combinação apropriada das adubações corretiva e de manutenção no sulco de plantio. É importante, também, avaliar a duração do seu efeito residual por meio de cultivos sucessivos (MIRANDA; MIRANDA, 2003).

De acordo com Zambello Júnior e Azeredo (1983), a maior aplicação de P deve ser efetuada na ocasião do plantio da cana-de-açúcar, visando nutrir a cana-planta e as soqueiras subseqüentes. Esta prática é interessante devido a uma série de fatores, como o maior efeito residual dos adubos fosfatados, a baixa mobilidade do P no solo e, a pequena extração do nutriente pela cultura (cerca de 0,13 kg t⁻¹ de colmo produzido). Orlando Filho (1993) destaca que a melhor localização do adubo é no fundo do sulco de plantio, em doses adequadas para suprir a cultura nos ciclos de cana-planta e soqueiras subsequentes.

Korndörfer e Melo (2009), avaliando fontes de P, fluida ou sólida (superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e a mistura de ácido fosfórico + fosfato natural) na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com a variedade SP71-1406, verificaram não haver diferença significativa entre as fontes, nos rendimentos agrícolas e industriais da cana-planta e no rendimento agrícola da primeira e segunda soca da cana. Já a mistura com fosfato natural pode melhorar o efeito residual do ácido fosfórico, principalmente no terceiro corte. Korndörfer et al. (1989), estudando a eficiência de fontes de P na produtividade da cana, verificaram a importância dos fertilizantes na seguinte ordem: superfosfato simples > superfosfato triplo > ácido fosfórico > ácido fosfórico + rocha fosfatada.

Em áreas cultivadas com cana-de-açúcar em Alagoas, a resposta da cultura à adubação fosfatada foi dependente da disponibilidade de P no solo, porém, não houve resposta da cana a

adubação fosfatada quando os teores foram iguais ou superiores a 9 mg dm^{-3} de P (ALBUQUERQUE; MARINHO; ARAÚJO FILHO, 1980).

A cana-de-açúcar exporta quantidade relativamente pequena de P, em comparação com o N e o potássio (K). De acordo com Orlando Filho (1993), para a produção de 100 toneladas de massa de colmos (peso verde) são exportados pela parte aérea da cana-planta 154 kg de N, 18 kg de P e 153 kg de K. Sendo assim, a exportação de P pela cultura é cerca de 8 vezes menor que a de N e K, podendo variar em função da variedade e do tipo de solo em que está sendo cultivada (GOMES, 2003).

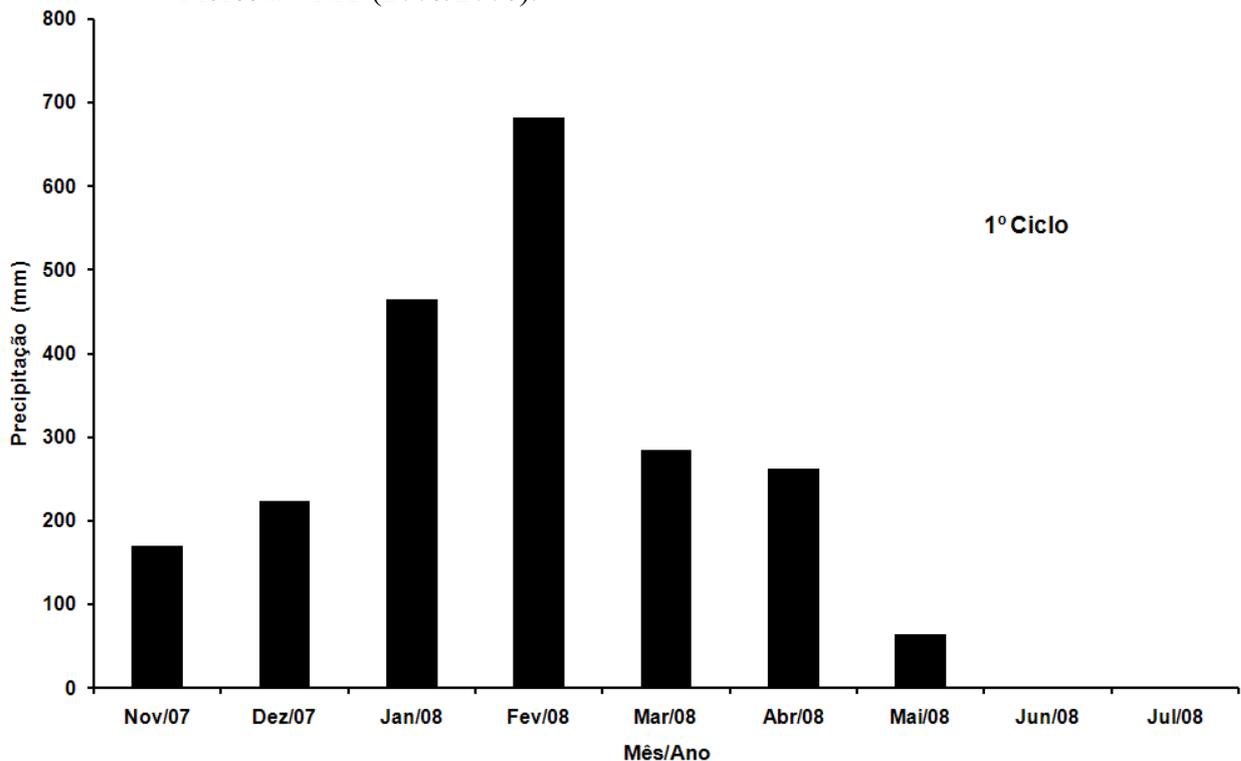
Cruz et al. (2009), avaliando a produtividade da cana-de-açúcar sob efeito de doses de P (superfosfato triplo), em solo com baixo teor de P, verificaram que a dose de P de maior eficiência foi de 90 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental e clima

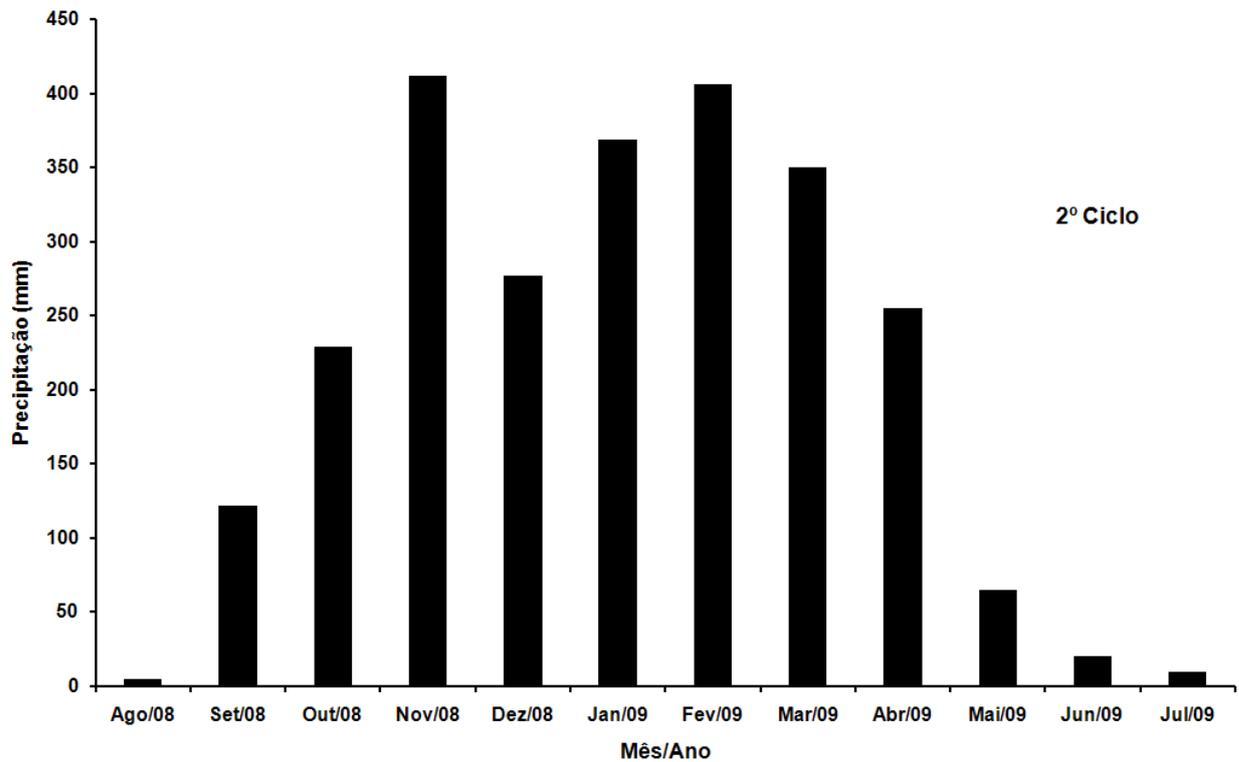
O experimento foi realizado no município de Alta Floresta-MT, situado nas coordenadas geográficas de 56° 07' 47'' longitude W e 9° 59' 03'' latitude S, com altitude média de 300 m. O clima predominante é do tipo AWI - classificação Köppen, clima tropical chuvoso com nítida estação seca e com temperaturas entre 20° a 38 °C, tendo em média 26 °C. O município apresenta um clima quente e úmido com quatro a cinco meses de estiagem, iniciando-se em meados do mês de maio e prolongando-se a meados de setembro, cuja principal característica é a frequência de temperaturas elevadas, podendo atingir nos seus dias mais quentes temperaturas superiores a 40°C. A pluviosidade média anual dos últimos 10 anos foi de 2550 mm e os dados de precipitação pluvial coletados durante o período de condução do experimento (novembro de 2007 a julho de 2010) encontram-se nas Figuras 1, 2 e 3, em que se observa uma pluviosidade total de 2153 mm na cana-planta, 2520 mm na primeira soca e 2244 mm na segunda soca.

Figura 1 - Precipitação pluvial durante o primeiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2007/2008).



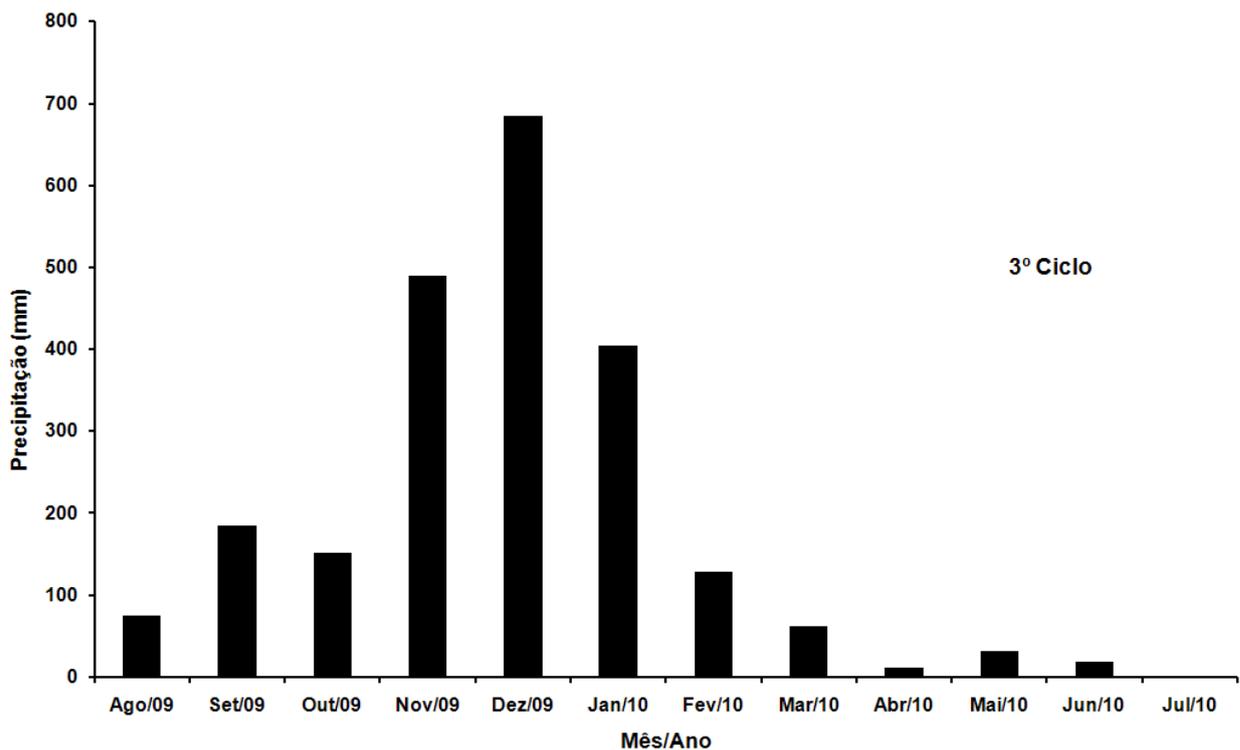
Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 2 - Precipitação pluvial durante o segundo ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2008/2009).



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 3 - Precipitação pluvial durante o terceiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar. Alta Floresta – MT (2009/2010).



Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 Caracterização do solo

O solo predominante na área experimental, conforme denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2006), é Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, o qual foi explorado com pastagem durante 15 anos.

Antes da instalação do experimento (maio de 2007), foram coletadas 15 amostras simples de solo nas camadas de 0,0 – 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m, formando uma amostra composta de cada camada, para avaliação da fertilidade do solo, segundo método de análise da EMBRAPA (1997). A análise granulométrica e de micronutrientes foi realizada somente na camada de 0 – 0,2 m. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Atributos químicos e físicos do solo da área experimental. Alta Floresta – MT (2007).

Amostra (m)	Química									
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Ca mmol _c dm ⁻³	Mg mmol _c dm ⁻³	Al mmol _c dm ⁻³	H+Al mmol _c dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³
0,0-0,2	5,3	4,4	0,2	12,6	1,0	6,3	3,1	1,3	33,3	14,0
0,2-0,4	5,2	4,3	0,2	7,0	0,4	3,1	1,9	0,6	28,3	8,0

Amostra (m)	Micronutrientes					Calculados			Granulometria		
	Zn mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	B mg dm ⁻³	SB mmol _c dm ⁻³	CTC mmol _c dm ⁻³	V %	Areia g kg ⁻¹	Silte g kg ⁻¹	Argila g kg ⁻¹
0,0-0,2	0,9	2,0	275	35,4	0,14	10,4	44,0	23,8	538	69	393
0,2-0,4	-	-	-	-	-	5,4	34,0	16,0	-	-	-

Laboratório de análise de solo, Plante Certo. Várzea Grande – MT.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) em arranjo fatorial 4x2, constituído por três fontes de P e um controle (sem P no sulco de plantio) e duas variedades de cana-de-açúcar em quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais de 5,0 m x 7,0 m, sendo estas constituídas por seis linhas de cana espaçadas de 1,2 m. Considerou-se como área útil de cada parcela as quatro linhas centrais, deixando um metro de bordadura em cada extremidade.

As fontes de P utilizadas foram: superfosfato triplo; fosfato natural reativo de Arad; farinha de ossos, todas na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total; e um controle (sem adubação

fosfatada no sulco de plantio). As características químicas das fontes de P utilizadas no experimento encontram-se na Tabela 2.

Utilizou-se a farinha de ossos desengordurada, senda esta, passada por um processo de ebulição, tratamento com vapor d'água para a retirada da gordura. De acordo com Malavolta; Gomes e Alcarde (2002), além do considerável conteúdo de P, a farinha de ossos ainda possui em média 1,5% de N, além de outros elementos traços.

Tabela 2 - Teor de P₂O₅ total e solubilidade das fontes de fósforo utilizadas no experimento (Alta Floresta, MT - 2008).

Fontes de P	P ₂ O ₅ total	Solúveis em ácido cítrico a 2%
		%
Superfosfato Triplo	46	42,5
Fosfato de Arad	33	10,4
Farinha de Ossos ¹	12	9,6
Controle	-	-

¹ Teor de P₂O₅ baseado na análise química do produto fornecida pela indústria (SX Quatro Marcos).

3.3.1 Variedade IAC86-2480

Há alguns anos foi lançada a variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, conhecida como cana forrageira. Esta variedade é um híbrido interespecífico resultante de um cruzamento manual envolvendo o parental US71-399 que recebeu pólen de uma variedade desconhecida (LANDELL et al., 2002). É uma variedade de maturação precoce, ausência de florescimento, baixo teor de fibra, alta relação Brix/FDN, alta digestibilidade e os animais alimentados com esta variedade apresentam conversão alimentar superior a animais alimentados com outras variedades de cana utilizadas rotineiramente pelos produtores rurais. Segundo Margarido (2006), as cultivares de cana-de-açúcar consideradas precoces podem ser utilizadas a partir do mês de julho do ano subsequente ao plantio, independentemente se a cana foi plantada de setembro a novembro (cana de ano) ou plantada de janeiro a abril (cana de ano e meio) (SEGATO; MATTIUZ; MOZAMBANI, 2006).

3.3.2 Variedade SP79-1011

Trata-se de uma variedade originada do cruzamento das variedades NA56-79 com a Co775. Possui hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas espetadas e copa de volume regular com tonalidade intermediária. Suas folhas apresentam limbo de largura média e presença de pêlos. O palmito apresenta comprimento e diâmetro médios, com aspecto

estriado. Possui bom perfilhamento na planta e na soca e regular fechamento das entrelinhas. Apresenta fechamento estomático na presença do sol, evitando a perda de água por transpiração. É uma variedade resistente à ferrugem e à escaldadura das folhas (COSTA, 2009).

3.4 Instalação e condução do experimento

A área onde foi implantado o experimento encontrava-se ocupada com *Brachiaria brizantha*, em estágio de degradação, havendo assim a necessidade de dessecação da mesma no início das chuvas (05 de outubro de 2007), em que se utilizou herbicida (glyphosate 1,0%).

A correção da acidez do solo foi realizada no início da estação chuvosa (12 de outubro de 2007), aplicando-se o calcário a lanço em área total na dose de 2,35 t ha⁻¹ (PRNT= 100%; CaO= 30% e MgO= 20%), nas duas camadas de solo avaliadas (0,0 – 0,20m; 0,20 – 0,40 m), conforme as indicações de Vitti e Mazza (2002), objetivando elevar a saturação por bases (V%) para 50, de acordo com Sousa e Lobato (2004).

A correção do solo e a recomendação de adubação seguiram as indicações de Sousa e Lobato (2004), conforme dados da análise de solo e produtividade desejada (100 a 120 t ha⁻¹).

Visto que o nível de P no solo encontrava-se muito baixo, efetuou-se a adubação fosfatada corretiva gradual (SOUSA; LOBATO, 2004), ou seja, de modo parcelado, aplicando 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total, utilizando o fosfato natural reativo de Arad, distribuído igualmente em toda a área experimental.

Após a distribuição do fosfato de Arad e do calcário, foram realizadas duas gradagens, com grade aradora (32 polegadas) para a incorporação dos produtos, e após 32 dias uma gradagem, com grade niveladora para o nivelamento do terreno.

O sistema de plantio adotado foi o de cana de ano, plantada no dia 14 do mês de novembro de 2007. Para isto, foram abertos sulcos a uma profundidade de aproximadamente 0,2 m. Em seguida, realizou-se a adubação no sulco de plantio com as respectivas fontes de P (todas na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ total) e a adubação potássica, utilizando como fonte de K o KCl, sendo distribuído igualmente em todas as parcelas, aplicando-se 80 kg ha⁻¹ de K₂O.

A adubação em cobertura da cana-planta foi realizada aos 60 dias após o plantio (DAP), quando a cultura atingiu aproximadamente 0,8 m de altura. Aplicou-se 30 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, igualmente em todas as parcelas.

Os colmos das variedades de cana-de-açúcar foram distribuídos nos respectivos tratamentos (2 colmos paralelos no sulco) no sentido “pé com ponta”, e cortados cada três ou

quatro gemas com a finalidade de quebrar a dormência apical. Após isto, os sulcos foram cobertos com aproximadamente 0,08 m de solo.

Para o controle de plantas daninhas foi aplicado herbicida à base de Dimethylammonium (2,4 - dichlorophenoxy) acetate, na dose de 1,5 litros por hectare, em jato dirigido e, arranquio manual e capina para plantas não controladas, igualmente em todos os tratamentos, em todos os ciclos da cultura.

A adubação em cobertura da cana-soca (segundo e terceiro ciclos) foi realizada de forma manual, quando as plantas se encontravam com aproximadamente 0,6 m de altura, aplicando-se 120 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl) e 60 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio).

As avaliações e a colheita da cana-de-açúcar foram realizadas aos 240 DAP para a cana-planta; aos 390 dias para a primeira soca e; aos 360 dias para a segunda soca.

3.5 Avaliações

3.5.1 Número de colmos por metro linear

A contagem de colmos por metro de sulco foi realizada no momento da colheita, determinando-se o número de colmos existentes nas duas linhas centrais de cada parcela.

3.5.2 Diâmetro de colmo

Foram medidos com o auxílio de um paquímetro seis colmos, coletados ao acaso, de cada parcela, sendo uma medição na base, uma na parte mediana e outra no ponteiro de cada colmo, obtendo o diâmetro médio, por média aritmética.

3.5.3 Altura de planta

Para obter a altura média de planta foram medidos seis colmos de cada parcela, ao acaso, medindo-se do colo da planta até a última região auricular visível (colarinho) na folha + 1.

3.5.4 °Brix

Para a determinação do °Brix foi utilizado um refratômetro portátil modelo RT – 280, que fornece diretamente a porcentagem de sólidos solúveis do caldo da cana-de-açúcar. Para isto, avaliaram-se a parte mediana de seis colmos por parcela, coletados ao acaso.

3.5.5 Massa de uma planta e produtividade de matéria verde

Para a determinação destas variáveis, 10 colmos + folhas foram colhidas em três linhas centrais da área útil, totalizando 30 colmos + folhas por parcela, para então proceder a pesagem. Após a pesagem dos colmos correspondentes a cada parcela, determinou-se a massa média de uma planta e a produtividade de colmos, sendo que a partir do peso médio estimado pela área útil de cada parcela calculou-se a produtividade por hectare (GHELLER et al., 1999).

3.5.6 Produtividade de matéria seca

Para a determinação da produtividade de matéria seca, 30 colmos + folhas foram triturados de cada parcela e, em seguida, foi retirada uma amostra de aproximadamente 500 g, pesada e colocada para pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C, durante aproximadamente 72 horas (primeira matéria seca). Posteriormente, foi pesada novamente e quantificada a massa da matéria seca.

3.5.7 Fósforo na planta

A concentração de P na planta (colmos + folhas) foi mensurada no material moído, o qual foi analisado no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UNESP – Ilha Solteira, seguindo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

3.5.8 Exportação de fósforo pela cana-de-açúcar

Com base na concentração de P na matéria seca da planta e na produtividade de matéria seca da parte aérea por hectare, foi estimada a extração e, conseqüente exportação de P pela cultura da cana-de-açúcar em função das fontes de P.

3.5.9 Determinação da composição bromatológica da forragem

As análises bromatológicas foram efetuadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da UNESP – Ilha Solteira. Após cada corte da cana-de-açúcar para quantificação da primeira matéria seca e produtividade de matéria seca, a amostra de cada tratamento foi moída em moinho tipo “Willey” com peneira de malha de 1,0 mm para determinação dos componentes bromatológicos.

As determinações de matéria seca original (MS), proteína bruta (PB), cinzas (CIN) e dos componentes fibrosos, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e celulose (CEL) foram realizadas segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002), com algumas adaptações. Para determinações das fibras, amostras (0,50 g) foram acondicionadas em sacos de TNT (tecido não tecido) de gramatura 100 com dimensões de 5 x 5 cm (CASALI et al., 2009) e, mergulhados em Becker contendo 50 ml de solução detergente neutro por amostra e submetidos à digestão em autoclaves à 105°C por 60 minutos (PELL; SCHOFIELD, 1993).

Para as amostras do primeiro e terceiro ciclos foi determinada a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), seguindo a técnica de digestibilidade verdadeira *in vitro*, que é uma adaptação do método de dois estágios proposto por “Tilley e Terry” e descrito por Campos, Nussio e Nussio (2004).

3.5.10 Atributos químicos do solo

Para a determinação dos atributos químicos do solo, efetuou-se uma amostragem do solo após o corte da primeira soca (segundo ciclo) e outra após o corte da segunda soca (terceiro ciclo). Em cada amostragem, retiraram-se duas amostras simples de solo por linha de cana, em três linhas de plantio de cada parcela, a uma profundidade de 0 – 0,2 m, somando-se seis amostras simples para formar uma amostra composta. As amostras foram colocadas para secar ao ar (TFSA), sendo posteriormente peneiradas para o procedimento de determinação do pH, M.O., P_{-resina}, K, Ca, Mg, H+Al e Al. Com os resultados, calculou-se a soma de bases (SB), saturação por bases (V%), capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0) e saturação por Al (m). As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira, seguindo a metodologia IAC (RAIJ et al., 2001).

3.6 Análise estatística dos resultados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para os efeitos significativos, utilizando o programa estatístico SISVAR[®] (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cana-Planta (1º ciclo)

Observa-se na Tabela 3 que os resultados obtidos para altura de plantas apresentaram diferenças significativas entre as fontes e o controle ($P < 0,01$). Para as variedades estudadas neste trabalho, a IAC86-2480 apresentou plantas mais altas, com 2,15 m. Leite et al. (2010) encontraram valores médios de 3,08 m para esta variedade e 3,7 m para a variedade SP79-1011. Segundo Landell et al. (2002) o valor descrito para altura de plantas da variedade IAC86-2480 é de 2,22 m, semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 3 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m^{-1} (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.

Fontes de P	AP (m)	DC (cm)	NC ($N^{\circ} m^{-1}$)	MP (kg)	°Brix (%)
Controle	1,92 b	2,19	9,92 b	1,28	21,20
Farinha de Ossos	2,22 a	2,18	13,45 a	1,33	21,59
Fosfato de Arad	2,14 a	2,19	12,26 a	1,32	21,81
Superfosfato Triplo	2,18 a	2,20	12,71 a	1,34	21,97
Variedades					
IAC86-2480	2,15 a	2,17	14,73 a	1,31	20,42 b
SP79-1011	2,08 b	2,21	9,44 b	1,35	22,86 a
	Valor de F				
Fonte (P)	14,74**	0,02 ^{ns}	8,72**	0,39 ^{ns}	0,99 ^{ns}
Variedade (V)	4,35*	0,45 ^{ns}	105,18**	0,69 ^{ns}	53,61**
P x V	0,61 ^{ns}	1,16 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,17 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	0,13	0,22	2,03	0,19	1,31
D.M.S. (Variedade)	0,06	0,11	1,07	0,10	0,69
C.V. (%)	4,68	7,42	12,06	10,40	4,36

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *, ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$), respectivamente.

Embora não apresentando diferenças estatísticas entre as fontes estudadas, pode-se verificar que o uso da farinha de ossos promoveu maior altura de plantas, com 2,22 m,

seguido do superfosfato triplo, fosfato de Arad e controle. Santos (2006), avaliando fontes de P, encontrou valores de 1,86 m aos 240 DAP, utilizando superfosfato triplo.

Por meio dos resultados obtidos de diâmetro de colmos, verifica-se que não houve efeito significativo para as fontes de P e variedades estudadas ($P>0,05$) (Tabela 3). Resultado semelhante foi encontrado por Santos (2006). Os valores de diâmetro de colmos foram inferiores aos citados por Landell et al. (2002) que observaram variação entre 2,3 e 2,8 cm, provavelmente devido ao menor espaçamento utilizado e ao maior número de plantas m^{-1} no presente estudo.

O número de colmos por metro de sulco foi influenciado significativamente ($P<0,01$) pelo uso das fontes de P, em relação à ausência da fertilização fosfatada no sulco de plantio (Tabela 3). Os resultados obtidos apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as fontes de P, observando-se maior número de colmos quando se utilizou a farinha de ossos, com 13,45 colmos m^{-1} , seguido do superfosfato triplo, fosfato de Arad e controle, respectivamente. Os resultados foram similares aos encontrados por Muraro (2007) que obteve 13,7 colmos m^{-1} , com a variedade RB72-454. Segundo Moura et al. (2005), o número de colmos é afetado pela adubação e pela disponibilidade de água, as quais promoveram aumento no número de colmos de 7,8 para 8,6 na variedade SP79-1011 em cana sob irrigação. O P desempenha papel importante no crescimento do sistema radicular, bem como no perfilhamento das gramíneas, que são fundamentais à maior produtividade das forrageiras (SANTOS et al., 2002). A variedade IAC86-2480 mostrou maior perfilhamento, atingindo número de colmos no momento do corte de 14,7 colmos m^{-1} , valor semelhante ao encontrado por Leite et al. (2010), e superando a capacidade média descrita por Landell et al. (2002), que é de 12 a 13 colmos m^{-1} .

Para massa de uma planta não houve influência significativa dos fatores avaliados ($P>0,05$) (Tabela 3), sendo que os valores variaram de 1,28 $kg\ planta^{-1}$ na ausência da adubação fosfatada no sulco de plantio a 1,34 $kg\ planta^{-1}$ utilizando o superfosfato triplo.

Observa-se na Tabela 3 que houve diferença significativa ($P<0,01$) entre variedades para °Brix, em que o genótipo SP79-1011 apresentou média de 22,86%, sendo superior a IAC86-2480 que apresentou o valor médio de 20,42%. Cruz et al. (2009) verificaram que o teor de °Brix não foi influenciado com o aumento da dose de P, sendo que os valores obtidos com a dose de 90 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , utilizando como fonte o superfosfato triplo, foi de 20,94% para a variedade BR86-7515 e 21,98% para a BR92-579. Abreu et al. (2007) encontraram valor médio de 9,19% para a variedade IAC86-2480. Com relação às fontes de P, observou-se

que não houve relação entre fontes de P e °Brix, pois todas obtiveram resultados semelhantes, com pequena superioridade em relação ao controle, não diferindo estatisticamente.

As fontes de P aplicadas no sulco de plantio causaram efeito significativo ($P < 0,01$) diferindo do controle para produtividade de matéria verde e matéria seca, concentração de P na parte aérea das plantas e exportação de P, sendo que a variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480 apresentou resultados superiores para todas variáveis, não havendo interação entre os fatores (Tabela 4).

Tabela 4 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.

Fontes de P	MV	MS	P	EP
	(t ha^{-1})		(g kg^{-1})	(kg ha^{-1})
Controle	106,2 b	26,9 b	0,39 c	10,5 c
Farinha de Ossos	149,1 a	39,3 a	0,91 a	35,8 a
Fosfato de Arad	134,4 a	34,6 ab	0,47 c	16,2 c
Superfosfato Triplo	142,4 a	37,5 a	0,70 b	26,3 b
Variedades				
IAC86-2480	160,3 a	40,9 a	0,67 a	27,4 a
SP79-1011	105,7 b	28,2 b	0,57 b	16,1 b
Valor de F				
Fonte (P)	8,01**	6,99**	35,95**	19,09**
Variedade (V)	66,95**	37,56**	6,79*	22,99**
P x V	1,09 ^{ns}	0,19 ^{ns}	2,82 ^{ns}	1,16 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	26,28	8,18	0,16	9,29
D.M.S. (Variedade)	13,86	4,31	0,08	4,86
C.V. (%)	14,17	16,97	15,48	24,56

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *, ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$), respectivamente.

Ao aplicar-se P no sulco de plantio, em relação à ausência de sua aplicação, ocorreu expressivo ganho de produtividade de matéria verde, com aumento de até 40% na produtividade (Tabela 4). Porém, comparando-se os tratamentos que receberam P no sulco de plantio com diferentes fontes, não foi verificada diferença significativa para as mesmas. Em relação à produtividade do controle ($106,2 \text{ t ha}^{-1}$), a farinha de ossos, o superfosfato triplo e o fosfato de Arad resultaram em aumentos de 40%, 34% e 27%, respectivamente. Malavolta et

al. (1955) verificaram maior eficiência da farinha de ossos no fornecimento de P para o milho e o arroz, cultivados em vasos, ao comparar com fosfatos naturais de baixa solubilidade em ácidos fracos. Segundo Malavolta, Gomes e Alcarde (2002), em ensaios realizados no litoral da Paraíba, na cultura de batata-doce, a reação da farinha de ossos já foi observada aos 15 dias após sua aplicação no solo.

A produtividade obtida com a farinha de ossos no presente trabalho foi semelhante à encontrada por Korndörfer e Melo (2009), avaliando diferentes fontes de P, fluida ou sólida (superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e a mistura de ácido fosfórico + fosfato natural) na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com a variedade SP71-1406. Os autores obtiveram produtividade de colmos variando de 131,9 a 146,1 t ha⁻¹, não diferindo estatisticamente. Korndörfer et al. (1989), estudando a eficiência de fontes de P na produtividade da cana-de-açúcar, verificaram a importância dos fertilizantes na seguinte ordem: superfosfato simples > superfosfato triplo > ácido fosfórico > ácido fosfórico + rocha fosfatada.

Com relação às variedades estudadas, o genótipo IAC86-2480 apresentou produtividade média de 160,3 t ha⁻¹, sendo 34% superior a SP79-1011 (Tabela 4). O valor observado para a variedade IAC86-2480 foi superior em 23% ao seu potencial produtivo, conforme descrito por Landell et al. (2002), que é de 129,9 t ha⁻¹, no primeiro corte.

A produtividade de matéria seca também foi influenciada pelas fontes de P (Tabela 4). A farinha de ossos resultou em 39,3 t ha⁻¹, superando em 46% o controle que produziu 26,9 t ha⁻¹. O superfosfato triplo resultou em ganho percentual de 39% e o fosfato de Arad em 28%, ambos em relação ao controle. Com relação ao fosfato de Arad, observou-se que este proporcionou menor acúmulo de massa seca, não diferindo estatisticamente do controle, possivelmente devido disponibilizar P de forma gradual à cultura, sendo dessa forma, uma fonte que poderá melhorar os resultados nos próximos ciclos. De acordo com Korndörfer e Melo (2009), não houve diferença significativa para massa seca da parte aérea, avaliando diferentes fontes de P, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, atingindo valores médios de 40 t ha⁻¹ quando se aplicou superfosfato triplo. Lima, Fidelis e Costa (2007), avaliando a eficiência de fontes e doses de P no estabelecimento do capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram maior acúmulo de matéria seca com a utilização do superfosfato triplo em todas as doses utilizadas, em comparação com as fontes menos solúveis (hiperfosfato natural de Gafsa e fosfato natural reativo). Porém, os autores ressaltam que com o decorrer do tempo, as fontes menos solúveis tendem a contribuir para o aumento da produção pelo aumento de sua reatividade e por apresentarem maior efeito residual.

A variedade IAC86-2480 produziu 40,9 t ha⁻¹ de matéria seca, sendo estatisticamente superior em 31% a SP79-1011, que produziu 28,2 t ha⁻¹ (Tabela 4). Resultados obtidos com a variedade IAC86-2480 por Leite et al. (2010) foi de 63,0 t ha⁻¹ superior ao valor encontrado no presente estudo e ao obtido por Freitas et al. (2006) que foi de 20,1 t ha⁻¹ de massa seca. Para a variedade SP79-1011 a produtividade encontrada por Leite et al. (2010) foi de 41,3 t ha⁻¹.

Para os resultados referentes à concentração de P na planta, verificou-se que houve efeito significativo para a farinha de ossos (Tabela 4), demonstrando melhor eficiência, resultando em maiores concentrações, seguida pelo superfosfato triplo. O fosfato de Arad não diferiu do controle, devido a sua disponibilização ser gradual no solo. O percentual de disponibilização dependerá de vários fatores inerentes ao solo, clima e práticas culturais, como o revolvimento mínimo do solo na proximidade da linha de plantio, que tem como principal objetivo controlar plantas indesejáveis e incorporar nutrientes aplicados em cobertura, melhorando assim, o efeito do fosfato. Segundo Santos e Kliemann (2005; 2006), avaliando a eficiência de fontes e doses de P, com a utilização do superfosfato triplo houve maior concentração de P na parte aérea do milho, quando comparado às fontes alternativas. E, com relação às fontes alternativas os autores observaram a seguinte ordem decrescente de eficiência agrônômica: fosfato de Arad > fosfato de Al e Ca > fosfato de Araxá. Factor (2008) verificou diferenças significativas na concentração de P no tecido foliar da cana-de-açúcar utilizando diferentes fontes de P, superfosfato simples (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), fosfato Daoui (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e Fosforita alvorada + composto orgânico (100; 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Maiores concentrações de P foram observadas com a utilização de superfosfato simples e Fosforita alvorada + composto orgânico (200 kg ha⁻¹ de P₂O₅), encontrando valores de 1,65 g kg⁻¹ de P.

Em relação às variedades, a maior concentração de P na matéria seca da parte aérea foi verificada na IAC86-2480 com 0,67 g kg⁻¹ de P sendo 15% superior a SP79-1011 que obteve 0,57 g kg⁻¹ de P (Tabela 4), demonstrando também que entre as variedades, a IAC86-2480 apresenta maior eficiência na absorção de P. Korndörfer e Alcarde (1992), estudando o acúmulo e teor de P em cana-de-açúcar, verificaram através de análise foliar que não houve diferença entre as fontes superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e da mistura ácido fosfórico e fosfato natural, encontrando valores entre 2,8 g kg⁻¹ e 3,0 g kg⁻¹ de P. No presente estudo, os maiores valores foram observados utilizando a farinha de ossos (0,91 g kg⁻¹ de P), ressaltando que a amostra para a análise foi obtida da planta inteira (colmos + folhas). Santos (2006) verificou maior concentração do nutriente na folha utilizando o superfosfato

triplo ($3,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P), em relação ao superfosfato simples, Fosmag, Foscana, MAP, formulado, composto e superfosfato simples parcelado.

Por promover um bom desenvolvimento do sistema radicular, o P permite aumentar a eficiência das plantas no uso da água, promovendo menor perda, maior absorção e utilização de outros nutrientes, além de servir como mecanismo de defesa da planta aos estresses provocados por doenças e fatores climáticos (LOPES, 1989).

A extração e, conseqüente exportação de P pela cana-de-açúcar, foram influenciadas pelas fontes aplicadas no sulco (Tabela 4), sendo a farinha de ossos a fonte que proporcionou maior exportação de P, com $35,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, para a produtividade de $39,3 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca. Utilizando o superfosfato triplo foram exportados $26,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de P e com o fosfato de Arad $16,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. Lopes (1989) descreve que a remoção de P pela cana-de-açúcar é de $15,91 \text{ kg ha}^{-1}$ de P para a produção de 134 toneladas de matéria verde. Korndörfer e Melo (2009) verificaram uma extração de $14,0 \text{ kg}$ de P para produzir $40,0 \text{ t ha}^{-1}$ de matéria seca de cana, com a utilização do superfosfato triplo. Com relação às variedades, a IAC86-2480 apresentou maior eficiência de absorção do elemento, exportando $27,4 \text{ kg}$ de P, em relação a SP79-1011 que exportou $16,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. De acordo com Oliveira et al. (2010), a extração de P pela variedade SP79-1011 sob irrigação foi de 25 kg ha^{-1} de P para produzir 155 t de colmos, ou seja, $0,16 \text{ kg}$ de P para cada t de cana.

Analisando a composição bromatológica da cana-planta, nota-se que as fontes de P não exerceram influência sobre qualquer variável e, não houve interação significativa entre os fatores estudados ($P>0,05$) (Tabela 5). Com relação às variedades, a IAC86-2480 apresentou valores superiores para todas as determinações ($P<0,01$), exceto para digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), em que a SP79-1011 teve sua matéria seca mais digestível ($P<0,01$) (Tabela 5).

O teor de matéria seca (%MS) não foi influenciado significativamente pelas fontes de P e nem pelas variedades ($P>0,05$). Observa-se que a variedade IAC86-2480 apresentou 23,45% de MS na ocasião da colheita, enquanto que a SP79-1011 apresentou 24,12% (Tabela 5), demonstrando valores abaixo do encontrado na maioria dos trabalhos com cana-de-açúcar em estágio final de maturação. De acordo com Fernandes et al. (2003), as variedades de ciclo precoce e intermediário não apresentaram diferenças significativas em relação ao teor de MS, encontrando valores médios de 28,72% para variedades de ciclo precoces e 28,69% para as de ciclo intermediário. Azevêdo et al. (2003) encontraram valores de 27,1% de MS aos 426 DAP para a variedade SP79-1011.

Tabela 5 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e proteína bruta (PB) de variedades de cana-de-açúcar (cana-planta), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2008.

Fontes de P	%						
	MS	FDN	FDA	LIG	CEL	DIVMS	PB
Controle	23,00	53,17	32,28	1,97	26,66	65,09	3,15
Farinha de Ossos	23,01	56,22	33,64	1,90	28,15	62,46	3,32
Fosfato de Arad	23,73	54,95	33,63	1,79	27,84	62,81	3,24
Superfosfato Triplo	25,34	54,07	32,53	2,03	27,09	65,67	3,31
Variedades							
IAC86-2480	23,45	58,64 a	35,71 a	2,05 a	29,40 a	59,82 b	3,67 a
SP79-1011	24,12	50,56 b	30,34 b	1,80 b	25,46 b	68,20 a	2,84 b
— Valor de F —							
Fonte (P)	1,46 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,72 ^{ns}	0,68 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,31 ^{ns}
Variedade (V)	0,56 ^{ns}	17,82**	32,35**	9,84**	22,71**	47,27**	33,02**
P x V	2,10 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,58 ^{ns}	1,31 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)							
	3,56	7,54	3,72	0,31	3,26	4,80	0,57
D.M.S. (Variedade)							
	1,88	3,98	1,96	0,16	1,72	2,53	0,30
C.V. (%)							
	10,73	9,91	8,08	11,48	8,52	5,38	12,66

Laboratório de Bromatologia da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; **; *; ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05), respectivamente.

A variedade SP79-1011 apresentou valores mais baixos de FDN, FDA, lignina e celulose (Tabela 5), conferindo-lhe desta maneira boa aptidão para o uso na alimentação animal, pois estas frações são de maiores dificuldades de degradação no sistema digestivo animal. Dessa forma, a maior DIVMS encontrada para a variedade SP79-1011 (Tabela 5), está relacionada principalmente ao menor teor de lignina e celulose que a IAC86-2480, havendo, portanto, correlação negativa entre estas frações fibrosas com a digestibilidade e aproveitamento de nutrientes pelos animais, conforme citado por Silva e Queiroz (2002). Ainda de acordo com os autores, a FDA é a porção menos digerível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen, sendo constituída na sua quase totalidade de lignocelulose (lignina e celulose). Por outro lado, a digestibilidade é positivamente correlacionada com o teor de sacarose (BOIN; MATTOS; D'ARCE, 1987), verificando-se que no presente trabalho os resultados obtidos corroboram com esta afirmação, já que a variedade SP79-1011 apresentou maior teor de °Brix e maior DIVMS.

Segundo Van Soest (1994), quanto maior o teor de FDA menor será a digestibilidade, enquanto que o FDN tem correlação negativa com o consumo das forrageiras, considerando teores de 40% de FDA e 60% de FDN, como limitantes da digestibilidade e do consumo, respectivamente. Sendo assim, os valores encontrados para estas frações no presente estudo estão dentro da faixa não limitante para digestibilidade e consumo.

Entende-se por lignina um grupo de substâncias com unidades químicas semelhantes e estrutura muito complexa (polímeros). Na nutrição animal, a importância da lignina prende-se à sua influência negativa sobre a digestibilidade de outros nutrientes, evidenciadas pelas altas correlações negativas com a digestibilidade da massa seca, da celulose e da hemicelulose (SILVA; QUEIROZ, 2002).

A maior parte da FDA é composta pela fração celulose. Esta é um polímero linear com ligações β -1,4 entre unidades de D-glicose, sendo insolúvel nos solventes alcalinos usados para extrair os polissacarídeos não-celulósicos. Sua estrutura química parece ser igual nos diversos vegetais, mas podem ocorrer variações na sua massa molecular nas diferentes espécies vegetais (SILVA; QUEIROZ, 2002).

De acordo com Fernandes et al. (2003), as variedades de cana-de-açúcar de ciclo precoce apresentaram maiores teores de FDN e FDA do que as de ciclo intermediário. Isto se deve ao fato de que as primeiras atingem a maturidade mais cedo, culminando com o mais rápido desenvolvimento de estruturas de sustentação, que são representadas pelos polissacarídeos da parede celular vegetal (WILSON, 1997). Esta afirmação corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, em que a variedade de ciclo precoce, IAC86-

2480, apresentou valores mais elevados de FDN e FDA; aliado a isto, também ressalta-se a idade em que foi efetuado o corte e posterior avaliação da composição bromatológica, visto que havia transcorrido apenas 240 DAP, favorecendo ainda mais para o maior valor da fração fibrosa para esta variedade, já que, Carvalho (1992) verificou para cinco variedades de cana-de-açúcar que a concentração máxima de FDN ocorreu próxima dos 241 dias de idade, havendo redução na porcentagem à medida que avança ao estágio de maturidade. De acordo com esta afirmação e, observando os valores baixos de %MS, pode-se inferir que as variedades de cana-de-açúcar não estavam em estágio final de maturidade.

Azevêdo et al. (2003), avaliando a composição bromatológica de 15 variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 426, 487 e 549 DAP, verificaram variações de 43,4% de FDN para a variedade SP81-1763 à 53,8% para a variedade SP80-3280 aos 426 DAP. Para FDA os valores encontrados variaram de 24,3% para a variedade RB85-5536 aos 426 DAP a 31,6% com a variedade RB76-5418 aos 549 DAP. Para lignina os resultados foram de 11,2% com a variedade SP80-4445 aos 487 DAP a 17,1% com a variedade SP80-1842 aos 426 DAP. A variedade SP79-1011 apresentou valores de 44,2% para FDN aos 426 DAP, aumentando para 49,9% aos 487 DAP. Para a fração FDA os valores médios foram de 24,9% aos 426 DAP a 28,5% aos 487 DAP. Para lignina, 12,0% aos 487 DAP a 14,8% aos 426 DAP. Dessa forma, verifica-se que estes resultados assemelham-se com os obtidos no presente estudo, exceto para lignina onde se notam menores valores no presente estudo, podendo atribuir a esta variação a idade de corte.

Em relação à proteína bruta na matéria seca (PB), houve superioridade da variedade IAC86-2480 (Tabela 5), fato que também demonstra boa aptidão desta variedade para fins forrageiros, visto que baixos teores de PB é uma das principais características que limita o uso da cultura na alimentação animal. Fernandes et al. (2003), encontraram valores que variaram de 2,61% a 2,90% de PB, sendo que as variedades de ciclo precoce apresentaram maior teor de PB que as variedades de ciclo intermediário somente na idade de corte de 549 dias. Macêdo, Viana e Oliveira (2007) estudando o comportamento de treze variedades de cana-de-açúcar para fins forrageiros, durante a cana-planta e soca, verificaram que há diferença de comportamento entre elas, sendo que os valores de PB variaram de 0,94% para a variedade IAC91-3186 à 2,43 para as variedades RB86-7515, SP79-2233, CB47-335 e RB73-9536.

4.2 Cana-Soca (2º ciclo)

Avaliando o efeito residual do P aplicado na ocasião do plantio da cana-de-açúcar sobre as variáveis altura de plantas, diâmetro de colmos, número de colmos por metro de sulco, massa de uma planta e °Brix (Tabela 6), observa-se que as fontes de P não causaram efeito significativo ($P>0,05$) para nenhuma destas variáveis. Também não se observou efeito significativo da interação entre os fatores para nenhuma variável ($P>0,05$).

Diferenças foram observadas ao se comparar as variedades (Tabela 6), sendo que a IAC86-2480 apresentou melhor comportamento que a variedade SP79-1011, proporcionando plantas mais altas, maior número de colmos e maior massa média de uma planta (colmo + folha), sendo estes os componentes de produção que contribuíram para maior produtividade desta variedade. Para diâmetro de colmos e °Brix as variedades não diferiram significativamente.

Tabela 6 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m^{-1} (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.

Fontes de P	AP (m)	DC (cm)	NC ($N^{\circ} m^{-1}$)	MP (kg)	°Brix (%)
Controle	1,67	2,11	9,21	1,01	18,81
Farinha de Ossos	1,86	2,03	11,96	0,97	19,19
Fosfato de Arad	1,65	2,04	11,41	0,96	18,69
Superfosfato Triplo	1,56	2,06	11,24	0,98	18,25
Variedades					
IAC86-2480	1,84 a	2,06	13,44 a	1,05 a	18,47
SP79-1011	1,53 b	2,06	8,47 b	0,91 b	19,00
Valor de F					
Fonte (P)	1,73 ^{ns}	0,12 ^{ns}	2,78 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Variedade (V)	10,44**	0,001 ^{ns}	47,52**	6,41*	1,15 ^{ns}
P x V	1,54 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,61 ^{ns}	2,04 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	0,37	0,44	2,84	0,22	1,95
D.M.S. (Variedade)	0,19	0,23	1,50	0,11	1,03
C.V. (%)	15,80	15,27	18,63	15,82	7,46

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *; ns: significativo ($P<0,01$); ($P<0,05$) e não significativo ($P>0,05$), respectivamente.

Através da Tabela 7, verifica-se que todas as fontes de P demonstraram beneficiar as plantas durante o segundo ciclo, porém, sem alcançar efeito significativo ($P > 0,05$) para produtividade. Verifica-se, também, que as fontes de P apresentaram efeito significativo apenas para a exportação de P ($P < 0,05$) e entre as variedades houve efeito para todas as variáveis ($P < 0,01$), não havendo interação significativa entre os fatores estudados.

Tabela 7 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.

Fontes de P	MV	MS	P	EP ⁽¹⁾
	(t ha ⁻¹)		(g kg ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
Controle	78,0	21,1	0,40	8,4 (2,9) b
Farinha de Ossos	98,9	29,1	0,56	16,4 (4,0) a
Fosfato de Arad	93,8	26,7	0,54	14,4 (3,8) ab
Superfosfato Triplo	94,9	26,6	0,55	14,6 (3,8) ab
Variedades				
IAC86-2480	117,9 a	32,3 a	0,61 a	19,7 (4,4) a
SP79-1011	64,9 b	19,6 b	0,42 b	8,2 (2,9) b
Valor de F				
Fonte (P)	1,36 ^{ns}	1,72 ^{ns}	2,67 ^{ns}	3,28*
Variedade (V)	45,31**	27,44**	20,74**	35,88**
P x V	0,32 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,28 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	31,06	9,55	0,17	7,90
D.M.S. (Variedade)	16,38	5,04	0,09	4,17
C.V. (%)	24,38	26,39	23,34	20,38 ⁽²⁾

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *, ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$) respectivamente;

⁽¹⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x);

⁽²⁾ CV% transformado para Raiz quadrada (x).

Houve considerável redução da produtividade do primeiro para o segundo corte. A variedade IAC86-2480 apresentou redução de 26,4%, enquanto que a SP79-1011 apresentou queda de 38,6%. A variedade IAC86-2480 apresentou neste ciclo elevada superioridade em relação a SP79-1011, sendo que para a produtividade de matéria verde a diferença foi de 45% e para matéria seca 39% (Tabela 7), demonstrando melhor adaptabilidade às condições edafoclimáticas de cultivo. Tomaz (2009), avaliando o efeito residual de fontes de P, verificou que houve redução de 40% na produtividade da cana-planta para a cana-soca. De acordo com

o trabalho de Fravet et al. (2010), avaliando o efeito da aplicação de torta de filtro como fonte de P em cana-soca, nota-se a importância da aplicação de P em cana-soca, demonstrando que apenas o P aplicado na ocasião do plantio não é suficiente para os ciclos posteriores da cultura, pois os autores verificaram que houve significância para as doses, onde a aplicação de 57,59 t ha⁻¹ de torta de filtro foi a dose estimada que proporcionou maior produtividade de colmos.

A concentração de P na MS da parte aérea das plantas (Tabela 7) apresentou efeito apenas para variedades, sendo que a IAC86-2480 apresentou maior capacidade de absorção de P, mantendo níveis semelhantes de P na MS em relação a cana-planta. Já a SP79-1011 apresentou menor teor de P no tecido vegetal em relação a cana-planta. Maule, Mazza e Martha Júnior (2001) encontraram diferenças na absorção de P pela cana em dois diferentes solos (Planossolo e Podzólico), mesmo os dois apresentando teores semelhantes do nutriente.

Analisando os valores de extração e, conseqüentemente de exportação de P pela cultura da cana-de-açúcar (Tabela 7), verifica-se que a farinha de ossos foi a fonte de P que proporcionou maior exportação do nutriente (16,4 kg ha⁻¹ de P), sendo 49% superior a exportação do controle (8,4 kg ha⁻¹ de P). Contudo, também é possível observar os efeitos das demais fontes, apesar de não diferirem estatisticamente do controle. A exportação de P pela variedade IAC86-2480 foi 58% superior a da SP79-1011.

Observa-se na Tabela 8 que o teor de matéria seca não foi influenciado pelas fontes de P e, entre as variedades, o valor médio encontrado na SP79-1011 (27,71%) foi superior ao encontrado na variedade IAC86-2480 (25,36%), diferenciando significativamente ($P < 0,01$). Estes valores de %MS estão em concordância com a maioria dos trabalhos apresentados na literatura (CARVALHO, 1992; AROEIRA, et al., 199; MIRANDA; QUEIROZ; VALADARES FILHO, 1999; PEREIRA et al., 2001; FERNANDES et al., 2003), demonstrando que neste ciclo, ambas variedades se encontravam em estágio final de maturidade.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para as fontes de P em relação à FDN e FDA, verificando-se que para FDN houve maiores valores quando se utilizou P na forma de superfosfato triplo, não diferenciando do fosfato de Arad e da ausência da aplicação de P no sulco de plantio (Tabela 8). Utilizando P na forma de farinha de ossos, ocorreu redução nos teores de FDN. Entre as variedades não se verificou diferenças ($P > 0,05$), apresentando valores próximos a 55% de FDN.

Tabela 8 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL) e proteína bruta (PB) de variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2009.

Fontes de P	MS	FDN	FDA	LIG	CEL	PB
	%					
Controle	25,83	53,74 ab	32,12 ab	3,48	26,83	3,56
Farinha de Ossos	27,78	52,59 b	31,77 b	3,35	26,53	3,41
Fosfato de Arad	26,59	55,20 ab	32,96 ab	3,35	27,39	3,42
Superfosfato Triplo	25,96	59,98 a	36,81 a	3,85	29,03	3,42
Variedades						
IAC86-2480	25,36 b	55,48	33,48	3,58	27,73	3,82 a
SP79-1011	27,71 a	55,28	33,35	3,44	27,16	3,09 b
Valor de F						
Fonte (P)	2,70 ^{ns}	3,98*	3,39*	1,18 ^{ns}	2,99 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Variedade (V)	18,67**	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,77 ^{ns}	16,32**
P x V	0,11 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,78 ^{ns}	6,05**	0,48 ^{ns}	0,46 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	2,14	6,42	4,96	0,85	2,54	0,71
D.M.S. (Variedade)	1,13	3,39	2,62	0,45	1,34	0,37
C.V. (%)	5,79	8,32	10,65	17,29	6,65	14,69

Laboratório de Bromatologia da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *; ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05), respectivamente.

Comportamento semelhante foi observado para a fração FDA (Tabela 8), observando-se maiores valores com o uso do superfosfato triplo, seguido do fosfato de Arad e do controle que também não diferiram da farinha de ossos. Para as variedades, o comportamento de ambas foi semelhante, apresentando valor médio de 33% de FDA, não diferindo estatisticamente. Os resultados para FDN e FDA assemelham-se com a média obtida por Andrade et al. (2004), avaliando 60 variedades de cana-de-açúcar.

Os fatores fontes de P e variedades de cana-de-açúcar apresentaram interação significativa para lignina (P<0,01) (Tabela 8). Analisando o desdobramento da interação significativa (Tabela 9), observa-se que a significância ocorreu entre variedades dentro de fontes de P com o uso da farinha de ossos, pois, com o uso da mesma, foi notado comportamento inverso entre as variedades, sendo que a IAC86-2480 apresentou maior teor de lignina que a SP79-1011. Porém, o efeito de fontes dentro de variedades só alcançou

significância para a SP79-1011, observando-se que o superfosfato triplo foi a fonte que proporcionou maior teor de lignina, sem diferenciar do fosfato de Arad e do controle.

Tabela 9 - Desdobramento da interação entre fontes de fósforo e variedades de cana-de-açúcar (2º ciclo), para teor de lignina em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.

Fontes de P	Variedades	
	IAC86-2480	SP79-1011
	Lignina (%)	
Controle	3,60 aA	3,36 abA
Farinha de Ossos	4,15 aA	2,56 bB
Fosfato de Arad	2,99 aA	3,71 abA
Superfosfato Triplo	3,56 aA	4,13 aA

Médias seguidas por mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Dessa forma, verifica-se que a maior dependência entre os níveis dos fatores foi com a farinha de ossos e a variedade SP79-1011, proporcionando menor teor de lignina. Andrade et al. (2004), avaliando a composição bromatológica de 60 variedades de cana-de-açúcar em função da idade de corte, verificaram valores de 2,85% a 3,33% de lignina para a variedade SP79-1011 aos 12 e 18 meses, respectivamente, demonstrando assim, maior valor para esta fração com o avanço da idade da planta.

Para a fração celulose e PB da forragem (Tabela 8), as fontes de P não exerceram efeito significativo ($P > 0,05$). Comparando o comportamento independente de cada variedade, observa-se que para a celulose, ambas apresentaram valores médios de 27%. Para PB, a variedade IAC86-2480 foi superior ($P < 0,01$), apresentando valores de 3,82%, demonstrando que para esta característica, que é de grande importância na alimentação animal, houve superioridade em relação à SP79-1011. Andrade et al. (2004) verificaram menores valores médios (2,59%) de PB para 60 variedades, colhidas aos 12 meses. Fernandes et al. (2003) encontraram valores médios de 2,61% de PB para variedades de ciclo precoce e 2,57% para as de ciclo intermediário aos 426 DAP.

Na Tabela 10 encontram-se os resultados referentes aos atributos químicos do solo (P, M.O., pH, K, Ca e Mg). Observa-se que as fontes de P apresentaram efeito significativo para o P disponível ($P < 0,01$), pH ($P < 0,05$) e Ca ($P < 0,01$). Entre as variedades, não houve efeito significativo para os atributos químicos do solo, assim como não se verificou efeito significativo da interação entre os fatores ($P > 0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores médios de fósforo ($P_{-resina}$), matéria orgânica (M.O.), pH ($CaCl_2$), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no segundo corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta - MT, 2009.

Fontes de P	$P_{-resina}^{(1)}$	M.O.	pH $_{CaCl_2}$	K ⁽²⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg
	mg dm ³	g dm ³		mmol _c dm ³		
Controle	4,7 (2,2) c	21,6	4,7 b	1,3 (1,5)	8,1 (2,8) c	4,7
Farinha de Ossos	110,2 (10,5) a	22,4	5,4 a	1,2 (1,4)	24,2 (4,9) a	4,0
Fosfato de Arad	43,9 (6,6) b	23,0	4,9 ab	1,2 (1,4)	15,9 (4,0) b	5,5
Superfosfato Triplo	26,7 (5,2) bc	22,2	4,9 ab	1,4 (1,6)	9,5 (3,1) bc	4,7
Variedades						
IAC86-2480	41,7 (6,4)	22,1	4,8	1,3 (1,5)	13,2 (3,6)	4,4
SP79-1011	51,1 (7,1)	22,5	5,1	1,3 (1,5)	15,6 (3,9)	5,1
Valor de F						
Fonte (P)	24,76**	0,81 ^{ns}	3,27*	0,12 ^{ns}	17,54**	1,81 ^{ns}
Variedade (V)	1,06 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,82 ^{ns}	2,72 ^{ns}
P x V	2,58 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,85 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,30 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	36,04	2,47	0,67	1,29	6,93	1,79
D.M.S. (Variedade)	19,00	1,30	0,35	0,68	3,65	0,94
C.V. (%)	26,24 ⁽³⁾	7,94	9,68	17,79 ⁽³⁾	17,51 ⁽³⁾	27,08

Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *; ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$), respectivamente;

⁽¹⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x);

⁽²⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x + 1);

⁽³⁾ CV% transformado para Raiz quadrada (x) ou (x + 1,0).

Avaliando a disponibilidade de P no solo (sulco de plantio) ao final do segundo ciclo da cultura, determinado pelo extrator resina (Tabela 10), fica evidente a maior disponibilidade de P da fonte farinha de ossos em relação as demais fontes, apresentando teores elevados do nutriente. O fosfato natural reativo de Arad, também apresentou comportamento satisfatório, demonstrando disponibilizar P de forma gradual, o que é importante para a cultura, já que esta é semi-perene, permanecendo no campo por cerca de seis anos. O superfosfato triplo, apesar de não diferenciar estatisticamente do fosfato de Arad, demonstrou que ao final do segundo ciclo, a disponibilidade de P no solo não diferiu do controle. Este fato comprova as características do fertilizante, visto que possui elevada solubilidade e, assim, disponibiliza P no solo de forma mais rápida que o fosfato de Arad e a farinha de ossos. Rossetto et al. (2002), avaliando a disponibilidade de P no solo cultivado com cana-de-açúcar, verificaram aos quatro meses após o plantio que os teores de P disponíveis no solo se encontravam ao redor de 60 mg dm^{-3} no tratamento com superfosfato triplo no fundo do sulco, sendo que dois anos após a aplicação de P, o teor no solo era semelhante ao tratamento controle. Este comportamento foi semelhante ao observado no presente estudo, onde o tratamento que recebeu superfosfato triplo assemelhou-se ao tratamento controle no final do segundo ciclo da cultura. Factor (2008) observou maiores quantidades de P disponível no solo aos 360 DAP, com a utilização das fontes, fosfato de Daoui (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) e fosforita alvorada + composto orgânico (200 e 400 kg ha^{-1} de P_2O_5) encontrando valores de 28 a 38 mg dm^{-3} de P.

Entre as variedades não houve diferença significativa, porém, nota-se uma tendência de menor quantidade de P disponível no solo ao se utilizar a variedade IAC86-2480, o que é explicado pelo fato da mesma extrair maior quantidade do nutriente, pois obteve maior produtividade e teor mais elevado do nutriente no tecido vegetal.

Santos et al. (2009) verificaram que os níveis de P disponíveis no solo (sulco de plantio) aos oito meses após o plantio não foram influenciados pelas fontes de P, porém, entre as fontes de P variou de $52,5 \text{ mg dm}^{-3}$ na fórmula (06-26-24) a $118,5 \text{ mg dm}^{-3}$ no composto (torta de filtro, bagaço e cinzas de caldeira). Os autores descrevem que os valores mais elevados de P disponíveis no solo apresentado com a utilização do composto, podem estar relacionados ao extrator utilizado, no caso o duplo ácido (Mehlich 1), passível de extrair P de forma ainda não disponível, superestimando os resultados.

Moreira et al. (2006), avaliando o efeito residual do P aplicado no sulco de plantio do capim-elefante ($0, 30, 60, 100$ e 150 kg ha^{-1} de P e $0, 60, 120, 200$ e 300 kg ha^{-1} de P, para as aplicações localizada e distribuída, respectivamente), verificaram que houve manutenção da produtividade com a sucessão dos cortes, indicando assim, que as doses de P foram

suficientes para manter a concentração de P adequadas ao capim. Diante disso, os autores descrevem que o P aplicado na fase de estabelecimento do capim-elefante possui efeito residual que proporciona a manutenção da produção de MS do capim-elefante durante dois anos.

Para matéria orgânica do solo (M.O.) não houve diferenças significativas entre as fontes de P e nem entre as variedades (Tabela 10), visto que este é um componente que demanda maior tempo para haver alterações.

Em relação ao pH (CaCl_2) do solo (Tabela 10), as variedades não causaram efeito significativo para este atributo. Analisando as fontes de P, nota-se que a farinha de ossos demonstrou possuir característica de correção de acidez, pois ao final do segundo ciclo, encontrou-se valores superiores para este atributo ao se utilizar a farinha de ossos. Este efeito se deve ao fato da composição química da farinha de ossos, já que a mesma possui em sua composição considerável teor de carbonato. Malavolta (1981) descreve que a farinha de ossos é composta principalmente por uma matriz orgânica contendo fosfato tricálcico ou composto hidratado semelhante, o qual ainda possui Na, Mg e um grupo carbonato. O teor médio de P varia de 26 a 28% de P_2O_5 e o teor de N é de 4 a 5%. Ainda segundo o autor, a farinha de ossos desengordurada, forma que foi utilizada no presente estudo, é passada por um processo de ebulição, solvente ou tratamento com vapor d'água para a retirada da gordura. Este produto decompõe-se com maior facilidade no solo, o que aumenta sua eficiência.

Para o teor de K no solo (Tabela 10), verifica-se que o nível do nutriente encontrava-se baixo, valendo ressaltar que não houve deficiência de K, pois foram aplicados 120 kg ha^{-1} de K_2O em cobertura durante o segundo ciclo, demonstrando assim, a elevada taxa de extração deste nutriente pela cultura. Em relação aos fatores estudados, não houve efeito significativo para este atributo.

Observando os valores médios de Ca no solo (Tabela 10), verifica-se que a farinha de ossos forneceu quantidade superior do nutriente para as plantas, em relação às demais fontes de P, visto que esta fonte apresenta elevado teor deste elemento em sua composição. As variedades não diferiram entre si para este atributo, havendo tendência de menor quantidade de Ca disponível ao se utilizar a variedade IAC86-2480.

Para níveis de magnésio (Mg) no solo (Tabela 10), não houve efeito significativo entre os fatores estudados, havendo também tendência de menor teor do nutriente com o uso da variedade IAC86-2480, devido ter produzido mais que a SP79-1011, extraindo maior quantidade do nutriente, conforme ocorreu para o P e Ca, já que são nutrientes que não foram repostos após o plantio da cana-de-açúcar.

Na Tabela 11 observa-se que não houve efeito significativo entre as fontes de P para a acidez potencial (H+Al). Em relação às variedades, também não houve alteração para este atributo, assim como para a soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) e Al (m) ($P > 0,05$). Porém, ressalta-se que para SB e V houve tendência de diminuição ao se observar as médias da variedade IAC86-2480, devido a maior produtividade de forragem e, conseqüente extração de bases trocáveis do solo. Entre os fatores não ocorreu interação significativa para nenhuma variável.

Para o alumínio (Al) trocável no solo e m (Tabela 11), verifica-se que ao se utilizar a farinha de ossos houve redução nos teores do elemento em relação às outras fontes ($P < 0,05$), relacionando este fato com a capacidade de correção do solo observada para esta fonte. Desta forma, o maior índice de pH obtido com o uso da farinha de ossos se relaciona com a diminuição do Al trocável. Para as variedades, também houve diferença significativa ($P < 0,05$), observando que ao se utilizar a SP79-1011 o teor de Al trocável no solo foi menor que ao se utilizar a IAC86-2480. Segundo Ritchie (1989), o comportamento químico do Al é variável em função das diferentes formas nos solos, associado ao fato de que as espécies e variedades de plantas podem reagir com maior ou menor tolerância à presença do elemento. Assim, torna-se difícil o desenvolvimento de um método de análise capaz de determinar o Al que efetivamente limita o crescimento das plantas.

A SB e conseqüente V (Tabela 11), foram influenciadas pelas fontes de P ($P < 0,01$), atribuindo-se maiores valores para os tratamentos utilizando a farinha de ossos, seguido pelo fosfato de Arad, que, por possuírem maiores quantidades de Ca em sua composição favoreceram a maior disponibilidade de bases no solo.

Houve acréscimo da CTC com o uso da farinha de ossos ($P < 0,05$) (Tabela 11), aumentando de $39,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^3$ (controle) para $49,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^3$ (farinha de ossos). Este efeito pode ser explicado pelo fato da farinha de ossos ser classificada como um adubo orgânico, oferecendo maiores quantidades de cargas negativas ao solo.

Tabela 11 - Valores médios de acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no segundo corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2009.

Fontes de P	Al ⁽¹⁾		SB	CTC	V	
	H+Al	mmol _c dm ³			%	m ⁽¹⁾
Controle	25,2	2,7 (1,9) ab	14,2 c	39,5 b	36,0 b	17,0 (4,0) a
Farinha de Ossos	19,7	1,0 (1,4) b	29,5 a	49,2 a	59,1 a	3,9 (2,0) b
Fosfato de Arad	24,4	2,2 (1,8) ab	22,5 ab	46,9 ab	47,4 ab	9,9 (3,2) ab
Superfósforo Triplo	24,2	3,0 (2,0) a	15,7 bc	39,9 b	39,5 b	16,7 (4,1) a
Variedades						
IAC86-2480	24,3	2,8 (1,9) a	18,9	43,2	42,8	14,9 (3,7)
SP79-1011	22,5	1,7 (1,6) b	22,1	44,5	48,2	8,9 (2,9)
Valor de F						
Fonte (P)	2,43 ^{ns}	3,35*	11,06**	4,56*	9,11**	4,17*
Variedade (V)	1,30 ^{ns}	5,35*	2,26 ^{ns}	0,34 ^{ns}	2,50 ^{ns}	3,82 ^{ns}
P x V	0,35 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,29 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	6,26	1,92	8,32	9,11	13,39	12,11
D.M.S. (Variedade)	3,30	1,01	4,39	4,80	7,06	6,38
C.V. (%)	19,20	19,41 ⁽²⁾	29,15	14,89	21,12	29,82 ⁽²⁾

Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; **; *; ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05), respectivamente;

⁽¹⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x + 1);

⁽²⁾ CV% transformado para Raiz quadrada (x + 1,0).

4.3 Cana-Soca (3º ciclo)

Observa-se que para os componentes de produção, altura de plantas, diâmetro de colmos, número de colmos por metro de sulco e massa de uma planta não houve efeito significativo ($P>0,05$) para as fontes de P (Tabela 12). Sendo assim, os componentes de produção correlacionaram-se com a produtividade, que também não alcançou significância. Em relação às variedades, observa-se que não diferiram quanto a altura de plantas e diâmetro de colmos ($P>0,05$), porém, houve maior número de colmos para variedade IAC86-2480 e maior massa de uma planta para a variedade SP79-1011. Costa (2009), avaliando o desempenho de quatro variedades de cana-de-açúcar durante o quarto ciclo, na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, observou resultados semelhantes para número de colmos, altura de plantas e diâmetro de colmos.

Tabela 12 - Altura de plantas (AP), diâmetro de colmos (DC), número de colmos m^{-1} (NC), massa de uma planta (MP) e °Brix de variedades de cana-de-açúcar (3º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2010.

Fontes de P	AP	DC	NC	MP	°Brix
	(m)	(cm)	(Nº m^{-1})	(kg)	(%)
Controle	2,31	1,94	9,52	1,21	22,50
Farinha de Ossos	2,33	1,81	11,36	1,11	22,89
Fosfato de Arad	2,35	1,97	10,94	1,27	22,73
Superfosfato Triplo	2,34	1,87	10,27	1,21	22,90
Variedades					
IAC86-2480	2,26	1,87	11,32 a	1,13 b	22,39 b
SP79-1011	2,40	1,93	9,72 b	1,27 a	23,12 a
Valor de F					
Fonte (P)	0,05 ^{ns}	2,56 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,78 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Variedade (V)	4,09 ^{ns}	1,91 ^{ns}	9,56**	5,75*	7,98**
P x V	0,05 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,40 ^{ns}	3,00 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	0,29	0,18	2,05	0,23	1,02
D.M.S. (Variedade)	0,15	0,09	1,08	0,12	0,54
C.V. (%)	8,95	6,73	13,96	13,87	3,21

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *, ns: significativo ($P<0,01$); ($P<0,05$) e não significativo ($P>0,05$), respectivamente.

Para o °Brix as fontes de P não influenciaram significativamente. Houve efeito significativo para as variedades de cana-de-açúcar, em que a SP79-1011, apresentou maior valor (Tabela 12).

Avaliando o efeito residual do P aplicado no sulco de plantio sobre a produtividade das variedades de cana-de-açúcar no terceiro ciclo, verifica-se que a produtividade de matéria verde e matéria seca (Tabela 13) não alcançaram o nível de significância ($P > 0,05$) para os tratamentos que receberam a aplicação de P, em relação ao controle. Comparando a produtividade das variedades também não houve diferença significativa. Nota-se que a variedade IAC86-2480 apresentou uma pequena queda de 10% de produção, em relação ao ciclo anterior. Já a variedade SP79-1011 apresentou um comportamento inesperado, que foi de acréscimo de produção de matéria verde de 57%, em relação ao segundo ciclo.

Tabela 13 - Produtividade de matéria verde (MV) e matéria seca (MS), concentração de fósforo na parte aérea da planta (P) e exportação de fósforo (EP) de variedades de cana-de-açúcar (3º ciclo), em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2010.

Fontes de P	MV	MS	P	EP
	(t ha^{-1})		(g kg^{-1})	(kg ha^{-1})
Controle	95,3	28,0	0,27 b	7,6 c
Farinha de Ossos	104,2	33,8	0,45 a	15,2 a
Fosfato de Arad	112,8	35,3	0,37 ab	13,1 ab
Superfosfato Triplo	103,3	33,2	0,31 b	10,3 bc
Variedades				
IAC86-2480	106,1	32,4	0,41 a	13,3 a
SP79-1011	101,7	32,8	0,31 b	10,2 b
Valor de F				
Fonte (P)	1,83 ^{ns}	2,48 ^{ns}	7,57**	9,75**
Variedade (V)	0,71 ^{ns}	0,04 ^{ns}	13,58**	9,32**
P x V	0,97 ^{ns}	0,67 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,46 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	20,87	8,03	0,11	3,98
D.M.S. (Variedade)	11,01	4,23	0,05	2,09
C.V. (%)	14,41	17,65	21,55	24,31

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**; *, ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$), respectivamente.

Sendo assim, pode-se dizer que a baixa produtividade observada no segundo ciclo pode ter sido causada por baixa pluviosidade no início de brotação (agosto e setembro de 2008, Figura 2). Nota-se que a variedade SP79-1011 foi mais afetada pelo baixo índice

pluviométrico, demonstrando ser mais exigente em água no período inicial de brotação, pois, no terceiro ciclo, em que houve maior precipitação pluvial no início de brotação, ocorreu um acréscimo de produtividade em relação ao segundo ciclo. A produtividade de matéria seca das variedades foi semelhante, não havendo diferença significativa.

Resultados semelhantes foram obtidos por Tomaz (2009), que não verificou efeito significativo dos fatores doses, formas de aplicação e fontes de P, no terceiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar. De acordo com o autor, a maior produtividade obtida no primeiro ciclo foi de 151,15 t ha⁻¹ com a utilização da mistura das fontes de P, Salmec + superfosfato triplo, e a menor produtividade foi obtida com o fosfato de Araxá, 136,95 t ha⁻¹. No segundo e terceiro ciclos não houve diferença significativa entre as fontes de P, observando-se produtividade média de 85,2 t ha⁻¹ no segundo ciclo e 85,73 t ha⁻¹ no terceiro ciclo. Segundo Rossetto et al. (2008), é importante verificar a resposta das soqueiras da cana-de-açúcar à aplicação de fontes de P, já que, geralmente as diferenças na produtividade aparecem devido às diferenças na solubilidade e no efeito residual dos fertilizantes. Costa (2009) verificou produtividade de 70,34 t ha⁻¹ para a variedade SP79-1011 no quarto ciclo da cultura. Santiago et al. (2008), trabalhando com a variedade de cana-de-açúcar RB83-594 em cultivo de sequeiro na região de Boca da Mata – AL, verificaram redução de 22,5% na produtividade, entre o segundo e o terceiro ciclo de cultivo. Por outro lado, Ivo et al. (2008), avaliando a mesma variedade, observaram aumento de 20,3% no rendimento agrícola entre o terceiro e o quarto ciclo de cultivo. Os autores relataram que esse acréscimo foi devido ao aumento na precipitação pluvial entre os ciclos de cultivo.

Mesmo não atingindo efeito significativo para as fontes de P em relação à produtividade, observa-se que para a concentração de P na parte aérea das forrageiras (Tabela 13), houve significância ($P < 0,01$), com destaque para a farinha de ossos, diferindo das demais fontes, exceto do fosfato de Arad, proporcionando às plantas maior assimilação de P e, conseqüente, maior concentração do nutriente na matéria seca. O fosfato de Arad demonstrou efeito semelhante à farinha de ossos, porém, não diferiu do controle e superfosfato triplo. A maior concentração de P na matéria seca foi observada na variedade IAC86-2480, demonstrando ser mais eficiente na absorção do nutriente. Contudo, verifica-se que o teor deste nutriente na planta foi decrescente do primeiro ao terceiro ciclo, podendo-se inferir que a eficiência na absorção de P é dependente do ciclo da planta, disponibilidade do nutriente no solo, condições climáticas, entre outros fatores. Gomes (2003), avaliando a concentração de P em colmos de doze variedades de cana-de-açúcar cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, encontrou valores médios de 0,23 g kg⁻¹ de P na cana-planta, 0,16 g kg⁻¹ de P no

segundo ciclo e $0,13 \text{ g kg}^{-1}$ de P no terceiro ciclo. Sendo assim, estes resultados corroboram com os resultados obtidos no presente estudo, havendo queda no teor de P na planta com o decorrer dos ciclos. Verifica-se, também, que houve diferença significativa entre as variedades, demonstrando que a capacidade de absorção do nutriente e, conseqüente a exportação, é dependente de características genéticas das plantas.

A exportação de P pela cultura (Tabela 13) apresentou significância ($P < 0,01$) para fontes e para variedades. A farinha de ossos foi a fonte de P que mostrou maior disponibilidade do nutriente para as plantas, proporcionando maior exportação de P, seguida do fosfato de Arad que também apresentou boa eficiência, promovendo exportação de P semelhante à farinha de ossos. O superfosfato triplo, como já era esperado, teve menor eficiência que as outras fontes, não diferindo do controle. Isto se deve ao fato de ser uma fonte solúvel e, assim, sua maior eficiência é no primeiro ano após a aplicação, sendo uma fonte indicada para o fornecimento anual na adubação de manutenção em cana-soca. A variedade IAC86-2480 extraiu mais P que a variedade SP79-1011, mesmo tendo produtividade de matéria seca semelhante, comprovando o fato de que esta extrai mais P.

Valores semelhantes foram obtidos por Gomes (2003), verificando em seu trabalho que houve extração média e conseqüente exportação de P, nos colmos de doze variedades de cana-de-açúcar de $23,66 \text{ kg ha}^{-1}$ de P na cana-planta, $7,72 \text{ kg ha}^{-1}$ de P no segundo ciclo e, $11,44 \text{ kg ha}^{-1}$ de P no terceiro ciclo.

Houve efeito significativo das fontes de P para a composição bromatológica, no terceiro ciclo, apenas para DIVMS ($P < 0,05$). Já as variedades diferiram significativamente ($P < 0,01$) em relação a PB e cinzas, sendo que a variedade IAC86-2480 apresentou resultados superiores (Tabela 14).

Para o teor de MS, FDN, FDA, lignina e celulose não houve significância para os fatores avaliados. Também não houve interação significativa entre os fatores para as variáveis analisadas ($P > 0,05$) (Tabela 14). Carvalho (1992) verificou que a concentração máxima de FDN em cana-de-açúcar ocorreu próxima dos 241 dias de idade, havendo redução na porcentagem à medida que avança ao estágio de maturidade. Isto demonstra que as maiores variações para as frações fibrosas e, conseqüentemente para digestibilidade obtidas entre as variedades no primeiro ciclo, estão mais relacionadas com a idade das plantas do que com as variedades estudadas, já que para cana-soca colhida por volta de 390 e 360 dias, segundo e terceiro ciclo, respectivamente, não foram verificadas diferenças significativas entre as variedades. Os resultados encontrados para FDN e FDA estão de acordo com a variação na composição de 15 variedades de cana-de-açúcar, relatadas por Azevêdo et al. (2003), de 43,8

a 53,8% de FDN e 24,3 a 29,7% de FDA. Mello et al. (2006), avaliando a composição bromatológica de nove variedades de cana-de-açúcar, verificaram valores médios de 24,78% de MS, 1,89% de PB, 44,92% de FDN, 29,21% de FDA e 11,37% de lignina para a variedade SP79-1011.

Os resultados encontrados para as variedades no presente trabalho, assemelham-se com os valores obtidos por Fernandes et al. (2003), sendo de 48,7% de FDN e 28,7% de FDA para variedades de ciclo precoce e 47,1% de FDN e 27,4% de FDA para variedades de ciclo intermediário. Rodrigues, Primavesi e Esteves (1997), estudando teores de FDN nos colmos, nas folhas e na planta inteira, concluíram que as variedades mais adequadas, para a alimentação de bovinos foram as SP71-1284, SP79-1011, RB76-5418 e NA5679, pois apresentaram porcentagens de FDN na planta inteira menor do que 52, sendo este um valor semelhante aos obtidos na presente pesquisa para as duas variedades estudadas.

A maior digestibilidade obtida com o tratamento controle, seguido do superfosfato triplo e da farinha de ossos (Tabela 14), pode estar relacionada à composição dos adubos utilizados nos tratamentos, notando-se que o fosfato de Arad proporcionou menor digestibilidade da matéria seca das forrageiras, podendo-se relacionar este fato com a composição deste fertilizante que possui de 0,5 a 6,0 % de SiO_2 e, como a cana-de-açúcar é uma cultura acumuladora de silício (Si), este efeito pode ter contribuído para causar menor digestibilidade, já que o Si tem função estrutural na parede celular, podendo desta forma, elevar os conteúdos de celulose e lignina, aumentando a rigidez da parede celular.

Aroeira et al. (1993) relataram um coeficiente de digestibilidade em torno de 55,0 a 60,0% para cana-de-açúcar, sendo abaixo dos valores obtidos no presente trabalho. Rodrigues; Cruz e Batista (2001) encontraram valores de 44,18% de FDN e 65,90% de digestibilidade para a variedade IAC86-2480, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo para esta variedade.

O maior valor encontrado para PB e cinzas na variedade IAC86-2480 (Tabela 14), lhe confere um bom indicativo para ser usada na alimentação animal, indicando maior valor nutritivo da forragem desta variedade. Os resultados obtidos corroboram com os descritos por Nussio et al. (2006), onde encontraram valores para cinzas dentro da faixa de 0,81 a 6,42%. Para PB os valores obtidos estão de acordo com os resultados encontrados no trabalho de Oliveira et al. (1999), em que os autores citam valores médios em torno de 2,3% para cana-de-açúcar em estágio de maturação.

Tabela 14 - Teor de matéria seca (MS), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), proteína bruta (PB) e cinzas (CIN) de variedades de cana-de-açúcar (3º ciclo), em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2010.

Fontes de P	%							
	MS	FDN	FDA	LIG	CEL	DIVMS	PB	CIN
Controle	28,23	41,06	27,07	2,73	22,08	68,76 a	2,39	1,46
Farinha de Ossos	31,07	43,00	28,36	2,67	23,18	67,38 ab	2,35	1,20
Fosfato de Arad	29,75	45,25	29,66	2,79	24,32	65,22 b	2,70	1,42
Superfosfato Triplo	31,05	44,25	28,85	2,73	23,52	65,99 ab	2,32	1,46
Variedades								
IAC86-2480	29,18	42,50	27,97	2,82	22,80	67,00	2,87 a	1,59 a
SP79-1011	30,87	44,28	29,00	2,65	23,76	66,68	2,01 b	1,17 b
Valor de F								
Fonte (P)	2,46 ^{ns}	2,84 ^{ns}	2,51 ^{ns}	0,28 ^{ns}	2,69 ^{ns}	4,77*	2,27 ^{ns}	2,22 ^{ns}
Variedade (V)	3,85 ^{ns}	2,77 ^{ns}	2,28 ^{ns}	3,13 ^{ns}	2,86 ^{ns}	0,20 ^{ns}	56,13**	24,49**
P x V	0,81 ^{ns}	0,94 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,20 ^{ns}
D.M.S. (P)	3,39	4,22	2,71	0,38	2,25	2,82	0,46	0,33
D.M.S. (V)	1,79	2,22	1,42	0,20	1,18	1,49	0,24	0,18
C.V. (%)	8,09	6,97	6,80	9,98	6,90	3,03	13,44	17,29

Laboratório de Bromatologia da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; **; *; ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05), respectivamente.

Landell et al. (2002), avaliando 66 variedades de cana-de-açúcar, obtiveram os seguintes resultados com a variedade IAC86-2480: 1,06 a 3,06% de PB, 42,56 a 67,70% de FDN, 4,60 a 8,43% de lignina e 40,04 a 64,10% de DIVMS. De acordo com Melo (2004), os resultados encontrados para esta variedade foram de 2,38% de PB, 43,02% de FDN, 25,80% de FDA, 10,74% de lignina, 23,24% de celulose e 59,53% de DIVMS. Estes resultados assemelham-se aos obtidos no presente experimento, exceto para a fração lignina e DIVMS, encontrando valores inferiores para lignina (2,82% para a variedade IAC86-2480 e 2,65% para a SP79-1011), e valores superiores para DIVMS (67,0% para a variedade IAC86-2480 e 66,68% para a SP79-1011), visto a correlação negativa existente entre as variáveis.

Diante desses resultados, verifica-se que o P não causou efeito significativo sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar em qualquer ciclo de produção, atribuindo-se alguns efeitos significativos com o uso das diferentes fontes de P à outros elementos contidos em cada fonte. Maiores variações foram observadas quando se utilizaram diferentes variedades, sendo desta forma, características genéticas inerentes a cada variedade, onde variações estão mais sujeitas com idade de corte do que demais fatores.

Avaliando as propriedades químicas do solo no final do terceiro ciclo da cultura (Tabela 15), nota-se que as fontes de P utilizadas na ocasião do plantio da cana-de-açúcar continuam beneficiando as plantas com este nutriente, porém, há de se observar que esta disponibilidade para as plantas diminuiu consideravelmente no final do terceiro ciclo.

Analisando a Tabela 15, verifica-se que os tratamentos com farinha de ossos apresentaram maior teor de P disponível no solo ($P < 0,01$), encontrando-se teores altos do nutriente. O fosfato de Arad também demonstrou efeito residual, comprovando dessa forma, o efeito a longo prazo das fontes de P de menor solubilidade. Horowitz e Meurer (2003), avaliando a eficiência de fosfatos naturais na cultura do milho, observaram redução na eficiência agrônômica no segundo ano de cultivo, sendo que para o fosfato de Gafsa a redução foi de 93 para 58% e no fosfato Gantour Black de 75 para 30%, semelhante ao observado para o superfosfato triplo.

Tabela 15 - Valores médios de fósforo ($P_{-resina}$), matéria orgânica (M.O.), pH ($CaCl_2$), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no terceiro corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha^{-1} de P_2O_5) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2010.

Fontes de P	$P_{-resina}$ ⁽¹⁾	M.O.	pH _{CaCl2}	K ⁽¹⁾	Ca ⁽¹⁾	Mg ⁽¹⁾
	mg dm ³	g dm ³		mmolc dm ³		
Controle	4,0 (2,0) c	23,1	4,6 b	0,8 (0,9)	7,7 (2,8) b	4,6 (2,1)
Farinha de Ossos	48,4 (6,9) a	22,9	4,9 a	0,6 (0,8)	13,7 (3,7) a	4,0 (2,0)
Fosfato de Arad	29,5 (5,4) b	23,4	4,7 ab	0,7 (0,8)	12,4 (3,5) a	5,0 (2,2)
Superfosfato Triplo	9,8 (3,1) c	22,4	4,6 b	1,0 (1,0)	9,4 (3,1) ab	5,5 (2,3)
Variedades						
IAC86-2480	26,8 (5,2)	23,4	4,6	0,6 (0,8) b	10,9 (3,3)	4,4 (2,1)
SP79-1011	19,1 (4,4)	22,4	4,7	1,0 (1,0) a	10,7 (3,2)	5,2 (2,3)
Valor de F						
Fonte (P)	20,21 **	0,61 ns	4,66 *	3,04 ns	5,55 **	1,25 ns
Variedade (V)	2,99 ns	3,33 ns	3,31 ns	10,55 **	0,03 ns	2,07 ns
P x V	0,72 ns	1,18 ns	0,34 ns	1,69 ns	1,79 ns	1,02 ns
D.M.S. (Fonte)	17,68	2,16	0,24	0,45	4,51	2,23
D.M.S. (Variedade)	9,32	1,14	0,13	0,24	2,38	1,17
C.V. (%)	26,04 ⁽²⁾	6,75	3,73	17,23 ⁽²⁾	15,56 ⁽²⁾	17,15 ⁽²⁾

Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; **; *; ns: significativo ($P < 0,01$); ($P < 0,05$) e não significativo ($P > 0,05$), respectivamente;

⁽¹⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x);

⁽²⁾ CV% transformado para Raiz quadrada (x).

Alterações também foram observadas no pH ($P < 0,05$) e teor de Ca trocável ($P < 0,01$) em função das fontes de P (Tabela 15), observando-se que ao se utilizar a farinha de ossos o pH do solo apresentou valores mais elevados. Para o teor de Ca no solo ocorreu a mesma tendência que para o pH, onde a farinha de ossos e o fosfato de Arad proporcionaram maior teor do nutriente no solo, visto que na composição destes adubos fosfatados encontram-se teores elevados deste nutriente. Assim, o aumento no teor de P disponível é atribuído a elevação do pH, conforme demonstrado em vários trabalhos (SMYTH; SANCHEZ, 1980; MARÇONI; MENDONÇA, 2003; CAMARGO et al., 2010), uma vez que ocorre a precipitação do Al e Fe da solução e redução da adsorção de íons fosfatos.

Os valores referentes a M.O., K e Mg no solo não demonstraram alterações em função das fontes de P ($P > 0,05$) (Tabela 15).

Para as variedades, observou-se diferenças apenas em relação ao teor de K trocável ($P < 0,01$), demonstrando maior capacidade de absorção deste nutriente pela variedade IAC86-2480, pois, os valores de K encontrados foram inferiores aos encontrados nos tratamentos com a variedade SP79-1011 (Tabela 15). Para os demais atributos (P, M.O., pH, Ca e Mg) as variedades não diferiram entre si ($P > 0,05$) (Tabela 15).

Na Tabela 16 verifica-se que a $H+Al$ foi menor quando se utilizou a farinha de ossos ($P < 0,05$), sendo um efeito secundário benéfico desta fonte. O fosfato de Arad e o controle não diferiram significativamente da farinha de ossos, porém, também não diferiram do superfosfato triplo que foi a fonte onde se encontrou maiores valores de acidez potencial.

As fontes de P também exerceram influência significativa sobre a saturação por bases ($P < 0,05$), em que a farinha de ossos proporcionou maiores valores, seguida pelo fosfato de Arad e superfosfato triplo, sendo que estes também não diferiram do controle (Tabela 16). Contudo, nota-se que houve diminuição considerável na saturação por bases em relação ao segundo ciclo, demonstrando que para os ciclos posteriores este valor é considerado baixo, sendo limitante para o bom desempenho da cultura.

Com relação aos demais atributos químicos, Al, SB, CTC e m (Tabela 16) não se encontraram alterações em função dos diferentes fertilizantes utilizados ($P > 0,05$).

Em relação às variedades, os atributos químicos avaliados não diferiram significativamente entre si e, também, não houve interação significativa entre os fatores ($P > 0,05$) (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores médios de acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC a pH 7,0), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no terceiro corte das variedades de cana-de-açúcar, em função do efeito residual de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2010.

Fontes de P	Al ⁽¹⁾		SB	CTC	V	
	H+Al	mmol _c dm ³			%	m ⁽¹⁾
Controle	27,2 ab	3,7 (1,9)	13,2	40,5	31,7 b	24,2 (4,9)
Farinha de Ossos	24,7 b	2,1 (1,4)	18,3	43,0	42,2 a	10,7 (3,3)
Fosfato de Arad	26,2 ab	2,4 (1,5)	18,0	44,3	40,4 ab	11,7 (3,4)
Superfósforo Triplo	27,9 a	2,9 (1,7)	16,0	43,8	35,5 ab	17,0 (4,1)
Variedades						
IAC86-2480	27,1	3,2 (1,8)	15,9	42,9	36,3	18,4 (4,3)
SP79-1011	26,0	2,4 (1,5)	16,9	42,8	38,6	13,5 (3,7)
Valor de F						
Fonte (P)	3,28*	2,15 ^{ns}	2,03 ^{ns}	1,06 ^{ns}	3,42*	2,85 ^{ns}
Variedade (V)	1,99 ^{ns}	2,76 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,77 ^{ns}
P x V	0,34 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,85 ^{ns}	1,91 ^{ns}	1,32 ^{ns}	0,76 ^{ns}
D.M.S. (Fonte)	2,97	1,93	6,50	6,56	10,15	14,44
D.M.S. (Variedade)	1,56	1,02	3,43	3,46	5,35	7,62
C.V. (%)	8,02	23,00 ⁽²⁾	28,47	10,97	19,43	29,96 ⁽²⁾

Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Ilha Solteira;

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey;

**, *; ns: significativo (P<0,01); (P<0,05) e não significativo (P>0,05), respectivamente;

⁽¹⁾ Médias entre parêntesis são médias transformadas para Raiz quadrada (x);

⁽²⁾ CV% transformado para Raiz quadrada (x).

4.4 Produção acumulada de matéria verde de cana-de-açúcar

Fazendo uma análise da produtividade acumulada de matéria verde com as diferentes fontes de P durante o período de condução do experimento, observa-se que houve elevado ganho de produtividade em função da aplicação de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco de plantio em relação à ausência de sua aplicação (Tabela 17). Utilizando como fonte de P a farinha de ossos, observou-se incremento de 72,7 t de cana, num total de três cortes, totalizando ganho de 26%. Com o uso do fosfato de Arad e do superfosfato triplo este aumento foi de 61,5 e 61,1 t de cana, respectivamente, perfazendo assim, ganho médio de 22%. Sendo assim, as três fontes de P proporcionam respostas semelhantes em produtividade, garantindo considerável incremento em relação à ausência da aplicação de P no sulco de plantio, com maior destaque para a farinha de ossos que proporcionou ganho de 11,2 e 11,6 t de cana em relação ao fosfato de Arad e superfosfato triplo, respectivamente.

Tabela 17 - Produtividade de matéria verde durante o período de condução do experimento, ganho de produção em relação ao controle e diferença de produção entre variedades em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2008, 2009 e 2010.

Fontes de P	Produtividade (t ha ⁻¹)				Diferença para o controle (t ha ⁻¹)
	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Total	
Controle	106,2 b	78,0 a	95,3 a	279,5 b	—
Farinha de Ossos	149,1 a	98,9 a	104,2 a	352,2 a	72,7
Fosfato de Arad	134,4 a	93,8 a	112,8 a	341,0 a	61,5
Superfosfato Triplo	142,4 a	94,9 a	103,3 a	340,6 a	61,1
Variedades					Diferença entre variedades (t ha ⁻¹)
SP79-1011	105,7 b	64,9 b	101,7 a	272,3 b	—
IAC86-2480	160,3 a	117,9 a	106,1 a	384,3 a	112,0

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Outra vantagem ao se utilizar esta fonte de P, é que a farinha de ossos é um produto orgânico, sendo considerada uma fonte alternativa de P e, aliado a isso, o custo desse produto na região de estudo é outro fator que viabiliza sua utilização.

Morelli et al. (1991), considerando o efeito da aplicação de P em área total apenas no plantio, obtiveram produtividade acumulada para cana-planta + cana-soca no tratamento

controle de 112 t ha⁻¹, com a dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a produtividade acumulada foi de 240 t ha⁻¹ e com a dose de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi de 262 t ha⁻¹.

Avaliando o comportamento das variedades fica evidente a superioridade da IAC86-2480, que superou em 112 t de cana a SP-791011, sendo um incremento equivalente a 41% (Tabela 17).

Observando o comportamento isolado de cada variedade, verifica-se que a SP79-1011 apresentou uma queda de 38,6% de produtividade do primeiro para o segundo ciclo. Porém, do segundo para o terceiro ciclo houve um ganho de 57%, demonstrando que durante o segundo ciclo a variedade foi submetida a algum fator limitante ao desempenho. Uma das principais diferenças observadas entre os ciclos avaliados foi a pluviosidade da região. No início de brotação (agosto e setembro de 2008), a quantidade de chuvas foi baixa (Figura 2) demonstrando ser uma variedade mais exigente em água neste período inicial. No terceiro ciclo, houve maior precipitação pluvial no início de brotação (Figura 3) e, conseqüentemente associa-se com o acréscimo de produtividade em relação ao segundo ciclo.

Para a variedade IAC86-2480, observa-se um comportamento homogêneo, com queda de produção a cada ciclo, sendo de 26,4% do primeiro para o segundo ciclo e de 10% do segundo para o terceiro ciclo, demonstrando ser uma variedade mais tolerante a estresses hídricos.

4.5 Exportação acumulada de fósforo pela cana-de-açúcar

Houve elevada diferença de exportação de P pelas variedades de cana-de-açúcar com o uso das diferentes fontes de P (Tabela 18). Mesmo na ausência da aplicação de P no sulco de plantio (controle), foram exportados 26,5 kg ha⁻¹ de P, sendo correspondente a 61 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Diante disso, pode-se inferir que esta extração de P no tratamento controle e parte do P extraído nos demais tratamentos, com o uso das fontes de P, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, é proveniente da fosfatagem corretiva e também de formas de P que já se encontravam no solo (P nativo).

Utilizando a farinha de ossos observou-se que foram exportados 67,4 kg ha⁻¹ de P durante os três ciclos da cultura, o que equivale a 154 kg de P₂O₅. Observa-se então que, com o uso desta fonte ocorreu maior disponibilização de P. Para os tratamentos utilizando o superfosfato triplo, a exportação foi de 51,2 kg ha⁻¹ de P, sendo equivalente a 117 kg de P₂O₅. Com o uso do fosfato de Arad foram exportados 43,7 kg ha⁻¹ de P, o que corresponde a 100 kg de P₂O₅. Dessa forma, verifica-se que a superioridade de exportação de P pela cultura com

o uso da farinha de ossos, superfosfato triplo e fosfato de Arad, foi de 40,9; 24,7 e 17,2 kg ha⁻¹ de P respectivamente, todas em relação ao controle.

Tabela 18 - Exportação de fósforo durante o período de condução do experimento, diferença de exportação em relação ao controle e diferença de exportação entre variedades em função da aplicação de fontes de fósforo (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no sulco de plantio. Alta Floresta – MT, 2008, 2009 e 2010.

Fontes de P	Exportação de P (kg ha ⁻¹)				Diferença para o controle (kg ha ⁻¹)
	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo	Total	
Controle	10,5 c	8,4 b	7,6 c	26,5 c	—
Farinha de Ossos	35,8 a	16,4 a	15,2 a	67,4 a	40,9
Fosfato de Arad	16,2 c	14,4 ab	13,1 ab	43,7 b	17,2
Superfosfato Triplo	26,3 b	14,6 ab	10,3 bc	51,2 b	24,7
Variedades					Diferença entre variedades (kg ha ⁻¹)
SP79-1011	16,1 b	8,2 b	10,2 b	34,5 b	—
IAC86-2480	27,4 a	19,7 a	13,3 a	60,4 a	25,9

Médias seguidas de mesmas letras, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em relação às variedades, a IAC86-2480 demonstrou ser mais eficiente na absorção e exportação de P (Tabela 18). No total de três ciclos, a superioridade foi de 25,9 kg ha⁻¹ de P, equivalente a 59 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Sendo assim, esta é uma característica que confere grande importância para seu uso na alimentação animal, devendo-se atentar para o fornecimento em quantidades adequadas deste nutriente, visto a elevada superioridade de extração em relação à variedade SP79-1011.

5 CONCLUSÕES

As fontes de fósforo de menor solubilidade, farinha de ossos e fosfato de Arad, apresentaram maior efeito residual.

A farinha de ossos promoveu elevação do pH, teores de Ca e P no solo e, foi mais eficiente na disponibilização de fósforo durante os três ciclos.

O superfosfato triplo foi eficiente no fornecimento de fósforo apenas no primeiro ano de cultivo.

A variedade IAC86-2480 apresentou maior produtividade, maior capacidade de absorção e exportação de fósforo e maior teor de proteína bruta que a SP79-1011.

A adubação fosfatada não promoveu alterações significativas na composição bromatológica da cana-de-açúcar.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, J. B. R.; ALMEIDA, J. C. C.; MELLO, W. A.; PEREIRA, V.; FERREIRA, M. C. M.; MARQUES, R. A. F. S.; OLIVEIRA, A. J. Produção, características morfológicas de maturação de cultivares de cana-de-açúcar com diferentes ciclos de amadurecimento para uso na alimentação animal na região de Barbacena-MG. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.64, n.2, p.115-121, 2007.

ALBUQUERQUE, G. A C.; MARINHO, M. L.; ARAÚJO FILHO, J. T. Competição de fontes de fósforo em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 1., 1979, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1980. v.2, p.319-322.

ALCARDE, J. C; GUIDOLIN, J. A; LOPES, A. S. **Os adubos e as eficiências das adubações**. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos - ANDA, 1998. 35p. (Boletim Técnico, n.3).

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

ANDRADE, J. B.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A.; OTSUK, I. P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M. G. A. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.341-349, 2004.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR, E.; POSSENTI, R.; OTSUK, I. P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M. G. A. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.40, n.4, p.225-238, 2003.

ANDRADE, N. O. **Cana como volumoso para bovinos**. Campinas: CATI, 1995. (Boletim Técnico CATI, 203).

AROEIRA, L. J. M.; SILVEIRA, M. I.; LIZIEIRE, R. S.; MATOS, L. L.; FIGUEIRA, D. G. Degradabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços Europeu x Zebu. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.4, p.552-564, 1993.

AZEVÊDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; QUEIROZ, A. C.; BARBOSA, M. H. P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.

BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz (sequeiro e irrigado)**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 120p. (Boletim Técnico, 9).

BARBOSA, M. H. P.; SILVEIRA, L. C. I. Cana-de-açúcar: variedades, estabelecimento e manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DE PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.245-276.

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.805-856.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.2, p.187-194, 2010.

CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135p.

CANTARELLA, H.; ROSSETO, R.; LANDELL, 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 NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.218-224.

CARAMORI, T. B. A. **Acúmulo de fósforo e crescimento de Tanzânia-1 em função de níveis de fósforo e calagem, em dois latossolos de Dourados-MS**. 2000. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2000.

CARVALHO, G. J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte**. 1992. 63 f. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade de Ciências Agrárias, Lavras, 1992.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; CUNHA, M.; DETMANN, K. S. C.; PAULINO, M. F. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.1, p.130-138, 2009.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L. **Fertilizantes orgânicos e minerais como fontes de N e de P para produção de rúcula e tomate**. 2006. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola)- Faculdade de Ciências Agrárias, Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, Campinas, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2010/2011, terceiro levantamento, janeiro/2011**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2011. 19p.

COSTA, C. T. S. **Crescimento, pigmentos fotossintéticos e produtividade de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), no quarto ciclo de cultivo**. 2009. 51f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2009.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. S. C.; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Efeito da adubação fosfatada sobre o acúmulo de biomassa e teor de brix de duas variedades de cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.2, p.110-116, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA– EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

ERNANI, P. R.; BARBER, S. A. Corn grow and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.1, p.1309-1314, 1991.

FACTUR, V. D. **Fontes de fósforo associadas à adubação orgânica no plantio da cana-de-açúcar**. 2008. 26f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Presidente Prudente, 2008.

FARIA A. E. L.; OLIVEIRA, M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M.; VIEIRA, P. F.; KRONKA, S. N.; MORAES, A. C.; AMARAL, C. M. C.; LANÇANOVA, J. A. C. Avaliação da cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, 1998. CD-ROM.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M.; DETMANN, E.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, E. S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.4, p.977-985, 2003.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; LANA, R. P.; PEREIRA, J. C.; CABRASL, S. L.; VITTORI, A. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001.

FERREIRA, D. F. **Sisvar**: sistema de análise de variância versão 4.6. Lavras: UFLA/DEX, 2003.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, Â. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p.618-624, 2010.

FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C, DETMANN, E.; BARBOSA, M. H. P.; RIBEIRO, M. D.; COSTA, M. G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.35, n.1, p.229-236, 2006.

GAMA, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistema de preparo alternativo ao de corte e queima no nordeste paraense**. 2002. 72f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GHELLER, A. C. A.; MENEZES, L. L.; MATSUOKA, S.; MASUDA, Y.; HOFFMANN, H. P.; ARIZONO, H.; GARCIA, A. A. F. **Manual de método alternativo para medição da produção de cana-de-açúcar**. Araras: UFSCar-CCA-DBV, 1999. 7p.

GOMES, J. F. F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*saccharum spp.*)**. 2003. 75f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

GOODING, E. G. B. Effect of quality of cane on its value as livestock feed. **Tropical Animal Production**, Barbados, v.7, n.1, p.72-91, 1982.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica dos fosfatos naturais. In: YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.665-687.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

IVO, W. P. M.; SILVA, W. C.; SANTIAGO, A. D.; SILVA, P. A. Produção de raízes de cana-de-açúcar, variedade, RB83594, submetida à colheita crua e queimada. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 9., 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB. 2008. p.675-680.

KÄMPRATH, E. J. Phosphorus fixation and availability in weathered soils. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 1976, Brasília. **Anais...** São Paulo: EDUSP, 1977. p.333-347.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KLIEMANN, H. J.; LIMA, D. V. Eficiência agronômica de fosfatos naturais e sua influência no fósforo disponível em dois solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.31, n.2, p.111-119, 2001.

KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p. 92-97, 2009.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004. São Pedro. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.291-305.

KORNDÖRFER, 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, n.2, p.217-222, 1992.

KORNDÖRFER, G. H.; VIEIRA, G. G.; MARTINS, J.; MATHIESEN, L. A. **Resposta da cana-planta a diferentes fontes de fósforo**. São Paulo, 1989. p.31-37, São Paulo (Boletim Técnico Copersucar, 45).

KUNG JÚNIOR, L.; STANLEY, R. W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of wholeplant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.54, n.4, p.689-696, 1982.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, J. C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.525-528, 2004.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M. A.; BIDOIA, M. A. P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A. L. M.; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D.; CAVICHIOLI, J. C.; VASCONCELOS, A. C. M.; XAVIER, M. A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção de uso na alimentação animal. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. 36p. (Boletim Técnico IAC, 193).

LANDELL, M. G. A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA, M. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, J. C. V. Avaliação final de clones IAC de cana-de-açúcar da série 1982, em latossolo roxo da região de Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.269-280, 1999.

LEITE, R. L. L.; SANTOS, A. C.; OLIVEIRA, L. B. T.; ARAÚJO, A. S.; NEIVA, J. N. M. Produção e desenvolvimento de cultivares de cana-de-açúcar em Argissolo Vermelho eutroférico no Estado do Tocantins, Brasil. **Revista Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**, Belém, v.5, n.10, p.181-194, 2010.

LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.2, p.100-105, jun. 2007.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas**: aspectos agronômicos. 3.ed. rev. e atual. ANDA, São Paulo, 2000. 72p. (Boletim Técnico, 4).

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos sob cerrado**: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. 2.ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62p. (Boletim Técnico, 5).

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3.ed. São Paulo: ANDA, 1990. 22p. (Boletim Técnico, 1).

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba: ANDA/POTAFÓS, 1989. 153p.

MACÊDO, G. A. R.; VIANA, M. C. M.; OLIVEIRA, J. S. Características agronômicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar da cana planta e soca, na Região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: adubos e adubação. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1981. 595p.

MALAVOLTA, E.; COURY, T.; ARZOLLA, J. P.; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Aproveitamento de alguns adubos fosfatados pelo milho (*Zea mays*) e pelo arroz (*Oriza sativa*) em Terra Roxa Misturada. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.30, n.1, p.185-197, 1955.

MARGARIDO, F. B. Planejamento agrícola em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006. p.69-78.

MARÇONI, A.; MENDONÇA, E. S. Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de fósforo pela adição de composto orgânico. **Magistra**, Cruz das Almas, v.15, n.2, p.145-151, 2003.

MATOS, B. C. Aditivos químicos e microbianos em silagens de cana de açúcar: ação sobre o padrão fermentativo e degradabilidade ruminal da massa ensilada e possíveis incrementos no desempenho animal. **PUBVET**, Londrina, v.2, n.11, 2008. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JUNIOR., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. S.; LIMA, M. L. M.; RIBEIRO, D. S.; MIYAGI, E. S.; REIS, J. G. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.7, n.4, p.373-380, 2006.

MELO, A. A. **Efeito de bactérias Heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788) e homofermentativas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*) sobre a qualidade da silagem de uma cana forrageira (CV. IAC86-2480): produção animal.** Lavras-MG: UFLA, 2004.

MIRANDA, L. F.; QUEIROZ, A. C.; VALADARES FILHO, S. C. Desempenho e desenvolvimento ponderal de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.3, p.605-613, 1999.

MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. **Efeito residual da adubação fosfatada para a cultura do arroz em solo de Cerrado.** Planaltina: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2003. 3p. (Comunicado Técnico, 87).

MOREIRA, L. M.; FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.; NÓBREGA, E. B. Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.943-952, 2006.

MORELLI, J. L.; NELLI, E. J.; BAPTISTELLE, L. R.; DEMATÊ, J. L. I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 57-61, 1991.

MOURA, M. V. P. S.; FARIAS, C. H. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, A. M.; PORDEUS, R. V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.753-760, 2005.

MURARO, G. B. **Impacto do espaçamento, números de cortes e da idade de corte na produção e composição bromatológica de cana-de-açúcar para silagem.** 2007. 77f. Dissertação (Mestrado)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL- NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7.ed. rev. Washington: Academic Press, 2001. 381p.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A. L. B.; MARI, L. J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa : UFV/ DZO, 2006. p.277-328.

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedade de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.4, p.1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, M. D. S.; TOSI, H.; SAMPAIO, A. A. M.; VIEIRA, P. F.; SANTIAGO, G. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.34, n.8, p.1435-1442, 1999.

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

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.76, n.4, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; MIRANDA, L. F.; ARRUDA, A. M. V.; FERNANDES, A. M.; CABRAL, L. S. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.2, p.563-572, 2001.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.83-90, 2001.

RAIJ, B.van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafos, 1991. 343p.

RESENDE, J. A.; PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; FONSECA, A. H.; SILVA, A. R. P. Ruminal silage degradability and productivity of forage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.457-463, 2003.

RITCHIE, G. S. P. The chemical behaviour of aluminium, hydrogen and manganese in acid soils. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Soil acidity and plant growth**. Marrickville : Academic, 1989. p.1-60.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. 1CD-ROM.

RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.12, p.1333-1338, 1997.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; PRADO JÚNIOR, J. P. Q. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p.271-287.

ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agronômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.276-282.

SANTIAGO, A. D.; MELO IVO, W. M. P.; LIMA, C. L. D.; SILVA, P. A.; VALENTIN, J.; SILVA, W. J. R. Comportamento da cultivar RB83594 submetida à dois manejos de colheita, In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 9., 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p.603-609.

SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de fosfatos naturais relacionada à produtividade de milho em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.36, n.2, p.75-81, 2006.

SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.35, n.3, p.139-146, 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, n.1, p.173-182, 2002.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.389-396, 2009.

SANTOS, V. R. **Crescimento e produção de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo**. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal)– Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2006.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocere, 2006. p.19-36.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 44, n.3, p.500-505, 1980.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado – Correção do Solo e Adubação**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa-CPA, 2004. 416p.

STAUFFER, M. D. SULEWSKI, G. Fósforo: essencial para a vida. In: YAMADA, T., ABDALLA, S. R. S. (Ed.). In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA

BRASILEIRA, 1., 2004, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.1-12.

TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar.** 2009. 93f. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

Van SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. New York: Cornell University, 1994. 476p.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar.** Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p. (Agrônomicas, 97). Encarte técnico/Informações.

WILSON, J. R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.173-208.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; AZEREDO, D. F. Adubação na região Centro-Sul. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.289-313.