



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ADRIANO BARBOZA MOURA

PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO

Rio Largo – Alagoas – Brasil

Fevereiro, 2014

ADRIANO BARBOZA MOURA

**PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB
DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO**

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia.”

Orientador: Abel Washington de Albuquerque

Co-Orientadora: Leila Cruz da Silva

Rio Largo – Alagoas – Brasil

Fevereiro, 2014

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Maria Auxiliadora G. da Cunha

M929p Moura, Adriano Barboza.
 Produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar sob diferentes fontes e doses de fósforo / Adriano Barboza Moura. – 2014.
 76 f. : il.

 Orientador: Abel Washington de Albuquerque
 Co-orientadora: Leila Cruz da Silva.
 Dissertação (Mestrado em Agronomia : Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2014.

 Bibliografia: f. 71-73.

 Glossário: f. 74.

 Anexos: f. 75-76.

 1. Adubação fosfatada. 2. Torta de filtro. 3. Cana-de-açúcar. 4. Doses. I.
 Título.

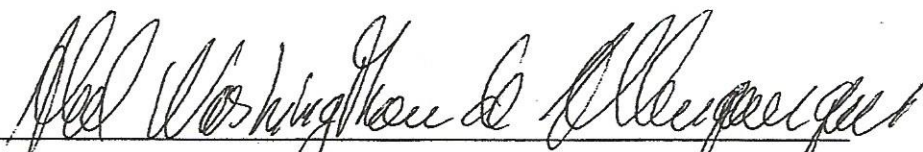
CDU: 631.85:633.61

TERMO DE APROVAÇÃO

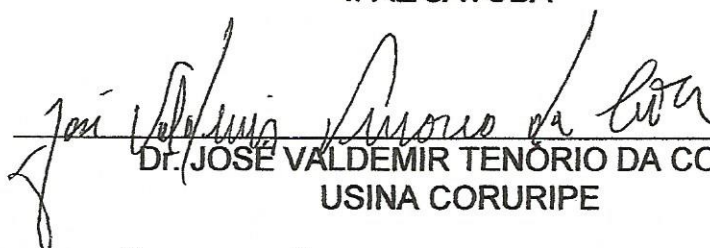
Título: "PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO".

ADRIANO BARBOZA MOURA
(MATRÍCULA 12130120)

Dissertação apresentada e avaliada pela banca examinadora em vinte e seis de fevereiro de 2014, como parte dos requisitos para obtenção de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas.


Prof. Dr. ABEL WASHINGTON DE ALBUQUERQUE
CECA/UFAL


Prof. Dr. CLAUDIVAN COSTA DE LIMA
IFAL/SATUBA


DR. JOSÉ VALDEMIR TENÓRIO DA COSTA
USINA CORURIBE


Prof.ª Dr.ª LEILA CRUZ DA SILVA
CECA/UFAL

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo apoio durante toda essa jornada.

A minha mãe, Ivânia Barboza Moura, pelo constante apoio e inspiração por todos esses anos da minha vida e jornada acadêmica.

A meu pai, Gilson Moura Filho, pela inspiração e apoio que me levou a fazer o curso de Agronomia.

Aos meus irmãos Vincent e David por todo o apoio e convivência durante todos esses anos.

Ao meu amigo Professor Abel Washington de Albuquerque, por aceitar ser meu orientador e por todos os ensinamentos.

Ao Centro de Ciências Agrárias – UFAL pela minha formação profissional e a todos os professores.

Ao pessoal do setor de Solos, Manoel, Leila, Luan, Leopoldo, William, Renan, Deni, Caio, Kelvin, Vincent e Gilson pelo apoio e por me acolherem nesse setor durante todos esses anos, com agradecimentos especiais ao meu grande amigo Manoel, por acompanhar-me durante toda essa jornada de experimentação e elaboração de dissertação, tanto nos momentos felizes como ruins.

Aos meus amigos de longa data Frederico, Igor, Rodrigo, Rafael, Wanger, Olavo e Gabriel pela amizade durante todos esses anos.

Ao grupo Toledo, em especial ao Dr. Hypolito e Arnaldo que fazem parte da Usina Sumáuma, pelo fornecimento do espaço físico para a implantação do trabalho e suporte para condução do mesmo.

A todos os colegas de curso pelo apoio e amizade durante todos esses anos.

A Todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para conclusão deste trabalho.

“Você tem inimigos? Ótimo. Isto significa que você lutou por algo alguma vez na sua vida.”

Winston Churchill

RESUMO

A produção de cana-de-açúcar se intensifica cada vez mais no Brasil. Devido a alta produção de biomassa desta cultura, há uma grande remoção de nutrientes do solo, exigindo um uso adequado de fertilizantes para sua reposição. No caso do P, diferentes fontes tem sido propostas para reposição das perdas deste mineral. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento, rendimento agrícola e industrial na variedade RB92579 sob diferentes fontes e doses de fósforo. O experimento foi conduzido na Usina Sumaúma, na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, município de Marechal Deodoro, AL. O experimento foi conduzido na Usina Sumaúma, na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, na região de Marechal Deodoro, AL. Os tratamentos consistiram de 3 fontes de adubação aplicadas em área total: i) ausência de adubação; ii) adubado com 120 kg ha⁻¹; iii) adubado com 40 t ha⁻¹ de torta de filtro; e 5 doses (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) de Super Fosfato Triplo aplicado no sulco de plantio. Esses tratamentos, em esquema fatorial 3x5, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram analisadas as variáveis biométricas de altura, diâmetro e número de plantas por metro linear. Na colheita foram mensuradas as seguintes variáveis agroindustriais: produção de colmos (TCH) e as análises tecnológicas (Brix, Fibra, Pol, ARC, PC, ART e ATR). Foi realizada a análise de variância e teste de média de Scott-knott a 5% de probabilidade, através do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas). As diferentes fontes e doses de P não influenciaram na altura, diâmetro e perfilhamento, com exceção dos primeiros dois meses após o plantio para a altura. As doses críticas encontradas, tanto para o teor foliar de P quanto para o teor de P no solo, elevaram o teor de P para níveis adequados. As doses crescentes de P no sulco de plantio aumentaram a % de fibra. As diferentes fontes e doses de fósforo aumentaram o rendimento agrícola e industrial. Para um cultivo sem adubação em área total, recomenda-se uma dose de 136 kg ha para a obtenção de maior TCH e TPH, respectivamente. Para um cultivo com adubação em área total sem o uso de P no sulco de plantio, recomenda-se o uso da torta de filtro, devido a sua capacidade de fornecer fósforo aliado a melhoria das características do solo. Tanto o tratamento sem adubação em área total e para aqueles com a aplicação de torta de filtro em área total propiciaram o aumento do MCA.

Palavras-chave: Adubação fosfatada, torta de filtro, doses

ABSTRACT

Sugarcane yield increases each day on Brazil. Due to its high biomass production, there is a large removal of soil nutrients, requiring a proper use of fertilizers to replace them. The use of phosphorus sources and filter cake come as an alternative to replace this loss. The following work was developed, aiming to evaluate the growth, agricultural and industrial yield of the sugarcane variety RB92579 under different sources and levels of phosphorus. The experiment was carried out on sugar mill industry Sumaúma, located in Marechal Deodoro – AL. The experimental design used was a randomized block design with four replications, arranged in a 3x5 factorial, totaling 15 treatments, corresponding to three sources of phosphate (control, single super phosphate and filter cake) and different levels of phosphorus (Triple Super Phosphate – 0, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹). The levels of P (Triple Super Phosphate) were applied on the bottom of the grove. The filter cake and phosphate were applied to the total area. Each plot consisted of eight furrows, 20 m long. The spacing used was a combination of 1.50 x 0.90 m between rows. During the development of this work, the following biometric analysis were made: height, diameter and number of plants per linear meter. At harvest, the following analysis were made: stalk production (TCH) and technological analysis (Brix, Fibra, Pol, ARC, PC, ART and ATR). The analysis of variance and mean test of Scott-Knott at a 5% level of probability was made after gathering the data of all variables. The critical levels found in this work raised the P content of both soil and leaf to the recommended values. The different levels of P applied on the bottom of the grove influenced the % of fiber. The different sources and level of P applied did not influence the height, diameter and number of plants per square meter. kg ha⁻¹. The different sources and level of P applied influenced the agricultural and industrial yield. The treatment with filter cake applied to the total area increased the MCA.

Key Words: Phosphate Fertilizers, filter cake, levels

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1. Balanço Hídrico e temperatura média decendial para o período de 31 de Janeiro a 31 de Fevereiro, Fazenda Flor da Ribeira, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro – AL.....	32
Figura 2. TCH em função de diferentes formas e doses de P no sulco de plantio.....	36
Figura 3. Fibra em função de diferentes doses de P no sulco de plantio.....	42
Figura 4. TPH em função de diferentes formas e doses de P no sulco de plantio.....	44

CAPÍTULO 2

Figura 1. Balanço Hídrico e temperatura média decendial para o período de implantação à colheita do experimento, Fazenda Flor da Ribeira, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro – AL.....	55
Figura 2. Número de plantas em função das doses de P no sulco de plantio.....	60
Figura 3. Teor de P foliar em função das doses aplicadas no fundo do sulco para as diferentes aplicações de P em área total.....	63
Figura 4. Teor de P no solo em função das doses aplicadas no fundo do sulco para as diferentes aplicações de p em área total.....	68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Análise de solo fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.....	33
Tabela 2. Composição média de uma amostra de torta de filtro da Usina Sumauma.....	34
Tabela 3. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, em 16/04/12, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	36
Tabela 4. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, em 14/05/12, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	37
Tabela 5. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, em 27/07/12, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	37
Tabela 6. Análise de variância dos valores médios da variável altura em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	39
Tabela 7. Análise de variância dos valores médios da variável diâmetro em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	40
Tabela 8. Análise de variância dos valores médios do teor de fósforo na folha em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	41
Tabela 9 Análise de variância dos valores médios do teor de fósforo no solo em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	44

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Análise de solo fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.....	56
Tabela 2. Composição média de uma amostra de torta de filtro da Usina Sumaúma.....	57
Tabela 3. Análise de variância dos valores médios da variável TCH em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	59
Tabela 4. Análise de variância dos valores médios da variável Brix em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	61
Tabela 5. Análise de variância dos valores médios da variável Pol em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	62
Tabela 6. Análise de variância dos valores médios da variável Fibra em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	63
Tabela 7. Análise de variância dos valores médios da variável Pureza em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	64
Tabela 8. Análise de variância dos valores médios da variável Pol da Cana em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	65
Tabela 9. Análise de variância dos valores médios da variável ATR em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	66

Tabela 10. Análise de variância dos valores médios da variável Pol em função de diferentes fontes e doses de fósforo.....	67
Tabela 11. Análise de variância dos valores médios da variável Margem de Contribuição agrícola (MCA – R\$ ha ⁻¹) em função de diferentes fontes e doses de P.	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	Açúcares Redutores
ARC	Açúcares Redutores da Cana
ART	Açúcares Redutores Totais
ATR	Açúcares Totais Recuperáveis
CCT	Custos de Corte, Carregamento e Transporte
MCA	Margem de Contribuição Agrícola
PC	Pol da Cana
POL	Pol do Caldo
TATR_H	Tonelada de Açúcares Totais Recuperáveis por Hectare
TCH	Tonelada de Cana por Hectare
TPH	Tonelada de Pol por Hectare
VTC	Valor da Tonelada de Cana

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Importância da cana-de-açúcar.....	15
2.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar.....	16
2.3 Adubação mineral da Cana-de-Açúcar.....	16
2.3.1 Fósforo.....	17
2.3.2 Fontes de fósforo.....	19
2.3.3 Fertilizantes fosfatados.....	20
2.3.4 Dinâmica e forma de fósforo no solo.....	20
2.4 Adubação orgânica.....	21
2.4.1 Torta de filtro.....	22
Referências Bibliográficas.....	24
CAPÍTULO 1	29
1. INTRODUÇÃO	31
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4. CONCLUSÃO	47
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	48
CAPÍTULO 2	51
1. INTRODUÇÃO	53
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÃO	70
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
GLOSSÁRIO	74
ANEXOS	75

1. INTRODUÇÃO

A expansão de canaviais no Brasil vem se tornando cada vez mais intensa devido à crescente demanda por açúcar e álcool no mundo. A produção prevista para a safra de 2013/2014 é de aproximadamente 652 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em 8,8 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2013).

Devida à alta produção de biomassa, a cana-de-açúcar remove quantidades consideráveis de nutrientes do solo para o seu crescimento e desenvolvimento, exigindo o uso racional de fertilizantes para a obtenção de produções adequadas as exigências do mercado (BOKHTIAR E SAKURAI, 2005).

O fósforo é um elemento de grande importância para a cana-de-açúcar por participar direta e indiretamente de diversos processos metabólicos da planta. O P favorece o desenvolvimento das raízes, aumenta a produção de colmos e contribui também nas características industriais, como o aumento de pol, pureza de caldo e clarificação. A sua deficiência, no entanto, pode levar a diminuição na formação de sacarose. O nível baixo de fósforo nos estágios iniciais de crescimento da cultura poderá, inclusive, comprometer todo o desenvolvimento da planta, uma vez que a deficiência inicial dificilmente pode ser corrigida.

A torta de filtro é resultante do processamento industrial da cana-de-açúcar e tem sido utilizada em várias unidades produtoras como fonte de P para substituir parte da adubação mineral recomendada à cultura. Entre os seus benefícios, podem ser citados o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo e da matéria orgânica que adicionalmente promove a redução de processos erosivos e aumenta a retenção de água do solo. A torta de filtro adicionada a fosfatos naturais melhora a solubilidade do fósforo, disponibilizando mais rapidamente este nutriente na solução do solo.

A hipótese desse trabalho é de que pelo menos uma das diferentes formas e doses de aplicação de fósforo influenciem significativamente a produtividade agrícola e industrial cana-de-açúcar.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produtividade agrícola e industrial, tanto como os dados biométricos e teores foliares e do solo na variedade RB92579 sobre diferentes formas de aplicação, fontes e doses de P.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem 50% de sua produção dividida em quatro países: Brasil, Cuba, México e EUA. Com a crise de petróleo na década de 70, a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar se intensificou. Este biocombustível tem sido utilizado diretamente em motores a explosão ou em misturas com a gasolina (MOZAMBANI et al., 2006).

A área cultivada com cana-de-açúcar que será destinada a colheita e futura moagem na safra de 2013/2014 está estimada em 8,89 milhões de hectares. De acordo com as previsões, o estado de São Paulo permanece como o maior produtor, com 51,3% (4.560,88 mil hectares) da área plantada, seguido por Minas Gerais com 9,31% (827,97 mil hectares), Goiás com 9,3% (827,03 mil hectares), Paraná com 7,0% (624,02 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 6,6% (586,22 mil hectares), Alagoas com 5,0% (441,25 mil hectares) e Pernambuco com 3,3% (295,39 mil hectares). Nos demais estados produtores as áreas são menores, com representações abaixo de 3,0%. A área de cana-de-açúcar destinada à produção da safra de 2013/2014 deve apresentar um crescimento de 4,8% ou 408 mil hectares em relação à safra anterior. O aumento só não será maior por causa da intenção de plantio do Norte/Nordeste apresentar uma leve queda em relação à safra passada, fato causado pela seca, onde algumas usinas encerraram a moagem da temporada passada mais cedo. Todavia, a colheita continuou normalmente. A área de renovação e/ou novas áreas de canaviais previstas para acontecer na temporada de 2013/2014 é estimada em 16,92% das lavouras atuais (CONAB, 2013).

O Brasil possui atualmente 355 usinas de açúcar e destilarias de álcool, o que gera em torno de 4,0 milhões de empregos diretos e indiretos, faturando uma média de sete bilhões de dólares ao ano, o que corresponde a 2,4% do PIB, o que leva o país a posição de único país no mundo que tem mais de 80% dos seus recursos energéticos baseados no uso de fontes de energia renováveis e não poluentes e o sequestro de 20% das emissões de carbono que o setor de combustíveis fósseis emite no país (BRASIL, 2007; ÚNICA, 2007; LIMA, 2008).

A cana-de-açúcar é a matéria prima básica para diversos produtos, como o açúcar, álcool e aguardente. Atualmente busca-se a produção de uma matéria prima com elevada riqueza em sacarose e de médio a baixo teor de fibra, que possibilite também produzir energia, dada a sobra de bagaço após a industrialização da cana-de-açúcar (AGRIANUAL, 2009).

2.2 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta da família poaceae, pertencente ao gênero *Saccharum L.* A cana-de-açúcar tem seu desenvolvimento em forma de touceiras. Sua parte aérea é composta de colmos, folhas, inflorescências e frutos, enquanto a subterrânea é formada por raízes e rizomas. A maioria das variedades cultivadas hoje em dia são híbridas da *Saccharum officinarum L.* (FERNANDES, 1990).

O colmo, parte integrante superficial da planta, exibe alto desenvolvimento vegetativo, sendo composto por nódios e interódios, no qual estes são bastante importantes na diferenciação de uma espécie para outra. O colmo possui como funcionalidade a sustentação das folhas e inflorescências (panículas), além de ser o meio fisiológico e principal pelo qual transcorre a maioria do câmbio vascular da planta. Suas folhas são órgãos importantes para os processos metabólicos da planta. Estão ligadas ao colmo pelas regiões nodulares, apresentando lâmina foliar serrilhada em formato alongado, e nas regiões intermediárias de ligação das folhas com o colmo, demonstram a presença de uma lígula membranosa (SCARPARI & BEAUCLAIR, 2008; MOZAMBANI et al., 2006).

Suas raízes são fasciculadas, podendo alcançar até 4m de profundidade, com 85% destas localizadas nos primeiros 50 cm do solo e 60% entre 20-30 cm. As raízes são compostas por nódios, internódios e gemas, responsáveis pela formação da touceira. O colmo é responsável pela sustentação das folhas e panículas, podendo ter um porte variável dependendo da idade da planta. As folhas são compostas pela lâmina foliar, bainha e colar. Ligam-se ao colmo, formando fileiras opostas e alternadas. Podem ter diversos aspectos dependendo das variedades, podendo ser eretas, arqueadas, apresentarem manchas e pelos. (MOZAMBANI et al., 2006)

2.3 Adubação mineral da Cana-de-Açúcar

Devido à alta produção de biomassa da cana-de-açúcar, há uma remoção considerável de nutrientes do solo para seu crescimento normal e desenvolvimento, também por ser plantada ininterruptamente por vários anos. Devido a estes fatores, é essencial a reposição dos nutrientes exportados, fixados na matriz mineral do solo e lixiviados (BOKHTIAR & SAKURAI, 2005; LUZ et al. 2005). O uso de fertilizantes se torna essencial, garantindo assim uma produtividade maior em áreas cada vez menores, considerando também o fato de 17 a 25% dos custos de plantio da cana-de-açúcar serem provenientes da quantidade e modo de adubação utilizados (ROSETTO et al, 2008). De acordo com Silva, 2006 apud Rosetto et al.

(2008), são necessárias 14 e 15 toneladas de cana-de-açúcar de plantio e soca, respectivamente, para pagar o custo de cada tonelada de adubo utilizado.

Adubos minerais são aqueles obtidos em minas e transformados em indústrias químicas. São diretamente assimilados pelas plantas ou sofrem apenas pequenas transformações no solo para serem absorvidos. Podem ter um ou mais elementos, sendo principais o N, P e K. Pode ocorrer também a agregação de micronutrientes nos adubos minerais, como o boro e zinco, por exemplo. Entre os adubos minerais, pode-se citar: adubos nitrogenados, fosfatados, potássicos, mistos e corretivos.

Para evitar perdas na adubação se faz necessário estimar a quantidade necessária de cada nutriente na cana-de-açúcar, assim evitando desta forma gastos desnecessários com fertilizantes. O conhecimento da extração de nutrientes retiradas do solo pela cana-de-açúcar e o uso de ferramentas como diagnose foliar são bons indicadores da quantidade de nutriente que precisa ser repostada no solo pela adubação (ROSETTO et al, 2008). Moura Filho et al (2010) encontrou valores ótimos de teores foliares para a cana-de-açúcar entre 12,5-20,8; 1,0-2,1; 8,9-14,7; 1,7-4,0; 0,1-1,4; 0,7-1,8 g kg⁻¹; para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para áreas canavieiras do estado de Alagoas. Estes valores estão dentro das faixas adequadas definidas por alguns autores em relação aos teores foliares dos mesmos nutrientes. Pode-se afirmar que a cana está bem nutrida quando seus teores foliares de N, P, K, Ca e Mg situam-se, respectivamente, entre 13,4 e 22,0; 1,2 e 3,0; 10,8 e 15,0; 2,9 e 10,0 e 2,0 e 3,0 g kg⁻¹ (ESPIRONELO et al., 1986; KORNDORFER E ALCARDE, 1992; RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997; PRADO et al., 2002; REIS JUNIOR E MONNERAT, 2003).

2.3.1 Fósforo

O P é um macronutriente importante para o desenvolvimento das plantas. Sua importância para a cana-de-açúcar ocorre devido a participação direta e indiretamente deste nutriente nos diversos processos metabólicos, como o favorecimento na atuação do desenvolvimento das raízes e aumento da produção de colmos, além de participar nos processos de formação de proteínas, divisão celular, fotossíntese, formação de sacarose e armazenamento de energia. Estes processos metabólicos também refletem positivamente na qualidade industrial da cana-de-açúcar, influenciando a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (% de pol), clarificação e pureza do caldo (KORNDORFER, 2004; SIMÕES NETO et al., 2009; TOMAZ, 2009).

O P é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas e se encontra em baixas quantidades nos solos do Brasil. Embora seja requerido em pequenas quantidades pelas

plantas quando comparado a outros macronutrientes, é necessária uma maior adubação, devido a diferentes tipos de solos apresentarem diferentes disponibilidades de fósforo para as plantas (SIMÕES NETO, 2008). Em muitos solos das áreas de expansão da cana-de-açúcar, o P é o nutriente mais limitante. (BASTOS et al, 2008; KORNDORFER E MELLO, 2009; GEBRIM et al, 2010; CHIEN et al., 2011). Observa-se um aproveitamento anual de P aplicado em torno de 10% pela maioria das culturas (TOMAZ, 2009). Existem vários fatores que afetam a disponibilidade de fósforo no solo, entre eles podem-se citar: o teor de matéria orgânica no solo, o teor e o tipo de argila, a capacidade de troca de cátions, o poder tampão, os teores de cálcio, ferro e alumínio e a umidade interferindo, conseqüentemente, na sua absorção pelas plantas. Devido a estes fatos, a redução na saturação por bases decorre do aumento gradual na retenção de ânions, como o fosfato, o sulfato e o molibdato (COSTA et al., 2006; KORNDÖRFER E MELO, 2009; BENEDITO et al., 2010).

A deficiência de P contribui para a redução da absorção de N e dificulta a clarificação do caldo usado para a fabricação do açúcar. Um baixo nível de P nos estágios iniciais de crescimento da cultura comprometerá todo o desenvolvimento da planta, devido à dificuldade para se corrigir esta deficiência inicial (MAHADEVIAH et al., 2007; SIMÕES NETO, 2008). Os sintomas de deficiência de P começam nas folhas mais velhas, as quais ficam mais estreitas, curtas e arroxeadas. Há também redução no perfilhamento, altura e diâmetro do colmo. Recomenda-se uma adubação fosfatada para manter a cana-de-açúcar por cinco anos (Rosetto et al, 2006), embora seja possível que em solos com baixos teores de P possam apresentar respostas a adubação de socaria com este nutriente (ROSETTO E DIAS, 2005)

A aplicação de P na cultura da cana-de-açúcar tem mostrado resultados positivos em diversos trabalhos. Santos et al. (2012) constataram um aumento na brotação da primeira soqueira em tratamentos com doses de P associadas a torta de filtro. Santos et al. (2009), constataram um aumento no rendimento agrícola de cana-planta adubado com super triplo, enquanto que Korndörfer e Melo (2009) e Souza e Korndorfer (2011) não constataram efeito de fontes de fósforo nos rendimentos agrícolas e industriais da cana-de-açúcar das variedades SP71-1406 e RB867515, respectivamente. Tomaz (2009) não constatou o efeito de fontes, doses e formas de aplicação de fósforo nas qualidades industriais avaliadas ao avaliar a variedade SP 89-1115 no oeste do estado de São Paulo. Por outro lado, Simões Neto (2008) ao avaliar o efeito de diferentes níveis de fósforo em cinco tipos diferentes de solo nas variedades RB863129 e RB855536, observou um aumento na produtividade agrícola e industrial da cana-planta sob a adubação fosfatada.

Moura Filho et al (2010) encontrou valores ótimos de P na folha entre 1,0-2,1 g kg⁻¹ de P, em canas do estado de Alagoas, que estão próximos dos valores encontrados na literatura de 1,2 e 3,0 g kg⁻¹ de P (ESPIRONELO et al., 1986; KORNDORFER E ALCARDE, 1992; RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA et al. 1997; PRADO et al., 2002; REIS JUNIOR E MONNERAT, 2003).

Moura Filho (2006), ao avaliar a extração de macronutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar, verificou que o conteúdo de P se apresentou na ordem: colmos > ponteiros > folhas > folhas senescentes. Oliveira et al. (2010), obteve uma extração de 25 kg ha⁻¹ de fósforo na parte aérea da cana-planta, 15 kg ha⁻¹ no colmo, com uma exigência média de 0,13 kg de por tonelada de cana por hectare, ao avaliar a extração de 11 variedades de cana-de-açúcar no estado de Pernambuco. Tasso Junior et al. (2007) obteve uma extração de 0,36-0,48 kg t⁻¹ de P₂O₅, ao avaliarem cinco variedades de cana-de-açúcar no região centro-norte do estado de São Paulo.

2.3.2 Formas de aplicação de adubos fosfatados

A adubação fosfatada é aplicada no solo com três finalidades: adubação corretiva, adubação de manutenção e adubação de reposição. A adubação de correção ou adubação de cobertura, utilizada tanto no solo quanto na planta, visa elevar a dose de P do nível do solo até a condição ótima. A adubação de manutenção ou adubação no sulco de plantio, utilizada tanto no solo quanto na planta, visa a manutenção dos níveis de fertilidade do solo nos anos subsequentes. A adubação de reposição, utilizada geralmente na planta, visa uma aplicação de P para repor as exportações deste na colheita.

Caione et al, 2011, ao estudar o efeito de diferentes doses e formas de fósforo nas características de cana forrageira, não encontrou diferença significativa entre estes, entretanto, escolheu a aplicação de manutenção, por ser a menos onerosa. Rosetto et al, 2002, ao usar fosfatos reativos e naturais em cana-de-açúcar em diferentes tipos de solo, observou que o superfosfato triplo apresentou uma maior produtividade quando usado em área total (correção). Já para fosfato natural em solos arenosos, não encontrou diferença significativa entre área total e sulco de plantio. Para solos argilosos, o superfosfato triplo no fundo do sulco teve um maior rendimento.

2.3.3 Fertilizantes fosfatados

Entre as matérias-primas utilizadas para a produção da maioria dos fertilizantes fosfatados solúveis comercializados no Brasil e no mundo, temos o fósforo obtido pelo tratamento de rochas fosfáticas com diferentes ácidos e enxofre. Rochas fosfáticas são os produtos obtidos pela mineração e processo metalúrgico de minerais fosfatados ou tem origens ígneas, sedimentares ou metamórficas, obtidas diretamente de jazidas, com ou sem processos industriais (TOMAZ, 2009).

Na cultura da cana-de-açúcar, os principais fertilizantes fosfatados utilizados são: superfosfato simples, superfosfato triplo, monoamônio, diamônio, termofosfatos, multifosfato magnésiano, fosfatos naturais e resíduos (KORNDORFER, 2004).

Os fertilizantes solúveis em água tem como matéria-prima os fosfatos de rocha, cuja estrutura, no caso de superfosfato simples e superfosfato triplo, é formada pela quebra da estrutura cristalina das rochas fosfatadas pela ação de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico (TOMAZ, 2009).

O Superfosfato simples, originário da rocha fosfatada tratada com o ácido sulfúrico, é o fertilizante fosfatado a mais tempo conhecido. Apresenta baixa concentração de fósforo, com teores de P_2O_5 assimilável variando entre 16 e 22%. O superfosfato simples tem como vantagem o fornecimento de enxofre e CaO com concentração de 12 e 26, respectivamente. podendo promover indiretamente a gessagem, dependendo do tipo de solo. Sua produção poder se realizar em unidades industriais de pequena capacidade produtiva e baixo investimento (TOMAZ, 2009).

O superfosfato triplo é produzido pela reação entre o concentrado de rocha fosfática e o ácido fosfórico líquido em um misturado tipo cone, produto intermediário da produção do superfosfato simples. Este apresenta maior concentração que o superfosfato simples, com 44 a 48% de P_2O_5 na forma hidrossolúvel e 15% de Ca. O superfosfato triplo possui o maior conteúdo de P de todos os fertilizantes que não contem nitrogênio, 90% do P total é solúvel em água, sendo rapidamente liberado para absorção pelas plantas e o conteúdo de 15% de cálcio ajuda na liberação de um nutriente extra para a planta (IPNI, 2014).

2.3.4 Dinâmica e forma de fósforo no solo

A baixa disponibilidade de P nos solos cultivados é um dos principais fatores limitantes na produção agrícola, com uma concentração muitas vezes menor que 0,01 mg.dm⁻³ (BASTOS et al, 2008; KORNDORFER E MELLO, 2009; GEBRIM et al, 2010). Isso gera a

uma necessidade constante pela reposição deste elemento, devido a sua importância e sua escassez, visto a sua baixa mobilidade no solo, logo, a maior parte do P absorvido pela raiz ocorre pelo mecanismo de difusão (COSTA et al.; 2006; MARCOLAN, 2006). A difusão é o principal meio de transporte de P no solo, podendo ser influenciada pelas interações dos colóides com a fração argila, seu teor, volume de água e distância entre o P e a raiz (BASTOS et al., 2008).

O P no solo pode se apresentar em três tipos: P lábil, não-lábil e em solução. O fósforo lábil é aquele que se encontra em equilíbrio com o P em solução do solo e que pode ser avaliado com o uso de extratores. O P-lábil pode ser encontrado em diversas formas, como precipitados de Al e Fe ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), precipitados de cálcio (fosfato tricálcico, fosfato bicálcio e fosfato monocálcio), adsorvido em argilas em hidróxidos de Fe e Al e adsorvidos em carbonatos de cálcio. Não-lábil é aquele que se encontra em compostos mineralogicamente estáveis. Cada tipo de precipitado e composto de P tem sua capacidade de fixação e liberação de P como nutriente para as plantas na solução do solo. P em solução é aquele que está prontamente disponível para a absorção das plantas. Estes são geralmente encontrados nas formas iônicas H_2PO_4 (fosfato diácido, predominante em solos alcalinos), HPO_4 (fosfato monoácido, predominante em solos ácidos) e PO_4^{3-} (fosfato) (GATIBONI, 2003; RAIJ, 2004).

O pH, tipo e quantidade de minerais no solo e o teor de matéria orgânica afetam a disponibilidade de P. O pH que propicia a maior disponibilidade de P no solo se encontra em torno de 6,5 (SOUZA, 2011). Baixos valores de pH causam uma maior precipitação de Fe e de Al que possuem baixa solubilidade, valores mais altos de pH, ocasionam a precipitação do P em solução.

Com a aplicação de fertilizantes fosfatados no solo, ocorre um aumento momentâneo do P da solução, gerando um desequilíbrio químico do teor de P-solução e P-lábil, levando a adsorção do P, conseqüentemente a um aumento de difusão do P para as raízes das plantas. Essa relação P-lábil e P-solução leva a tamponagem do sistema, regulando tanto excessos como deficiências.

2.4 Adubação orgânica

A adubação orgânica é aquela que se utiliza de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e outros, com a finalidade de aumentar a produtividade das culturas. Entre suas vantagens, podem-se destacar como efeitos condicionadores: aumento da capacidade de troca de cátions, melhoria no agregamento de partículas do solo, redução da

plasticidade e coesão do solo, aumento da capacidade de retenção de água e uma melhoria na estabilidade da temperatura de solo. Entre seus efeitos sobre os nutrientes, destacam-se: melhora dos processos de mineralização aumentando a disponibilidade de nutrientes, diminuição da fixação de P no solo, aumento da velocidade de solubilização de minerais do solo que ocorre devido à decomposição da matéria orgânica em ácidos orgânicos, resultando numa maior disponibilidade de nutrientes (SOARES et al., 2008).

2.4.1 Torta de filtro

A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, proveniente do processo de tratamento do caldo. Para cada tonelada de colmos moídos, são produzidos em média 30 kg de torta (SANTOS et al., 2011). Este resíduo é uma fonte de matéria orgânica, N, P, Ca, Mg, S e de diversos micronutrientes, que vem sendo aplicadas em canaviais por ocasião do plantio e soqueiras, com o objetivo de melhorar as condições de desenvolvimento da cultura. Vários são os benefícios do uso da torta de filtro, como a adição de matéria orgânica e aumento da disponibilidade de nutrientes, reduzindo processos erosivos e aumentando a retenção de água do solo, produção de substâncias quelantes e complexantes no seu processo de mineralização, reduzindo fixação de P e promovendo crescimento radicular (ROSETTO et al., 2008).

A composição da torta de filtro pode variar, de acordo com diversos fatores, como: variedade e maturação da cana-de-açúcar, tipo de solo, processo de clarificação do caldo e outros (Tabela 1). Na composição mineral da torta de filtro, o P é um dos elementos predominantes, podendo substituir parcialmente ou totalmente o P com manutenção da produtividade. Visto isso, esta pode ser utilizada como fertilizante fosfatado (Rosetto et al., 2006; Almeida Junior, 2010). O uso da torta de filtro, em plantios de verão de cana-de-açúcar, para a substituição de parte da adubação mineral, tem sido frequente na região do nordeste. 50% do P existente na torta pode ser considerado como prontamente disponível, como também pode ser misturada com fosfatos naturais, uma vez que a torta de filtro teria a capacidade de melhorar a solubilidade desses compostos, disponibilizando mais rapidamente o P, comparado com a sua aplicação sem a torta (DIAS E ROSETTO, 2006).

A aplicação da torta de filtro tem apresentadas repostas positivas na produção de colmos de cana (TCH) e de açúcar (TPH) em vários trabalhos (MOURA FILHO et al., 2007; FRAVET et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Nardin (2007), no entanto, não constatou efeito da torta de filtro no rendimento de colmos e de açúcar, em duas variedades de cana (SP89-11115 e IAC87-3396) cultivadas sobre argissolo. O aumento do teor de açúcar tem sido

atribuído ao aumento da produção de colmos, propiciada pelos nutrientes presentes na torta (N, P, S e Ca) e aumentos na retenção de água pelos solos e na capacidade de troca de cátions, visto que, em diversos trabalhos não tem constatados efeitos na qualidade do caldo da cana (NARDIN, 2007; FRAVET et al., 2010). Por outro lado, Moura Filho et al. (2007) e Fravet et al. (2010), ao avaliarem o efeito da torta de filtro nas variedades RB75126 e SP-81-3250, respectivamente, constataram diminuição na qualidade do caldo com a aplicação da torta de filtro, enquanto que Santos et al. (2011) observaram ganhos na qualidade, avaliadas pelos Brix, Pol e Pureza ao avaliarem o efeito da adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel nas qualidades tecnológicas da variedade RB867515 em área experimental da Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente - SP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2009: **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009.
- ALMEIDA JUNIOR, A.B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar**: efeitos no solo e na planta. Recife: URRPE, 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- BASTOS, A. L. et al. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.136-142, 2008.
- BENEDITO, D. S. et al. Eficiência agrônômica de compostos organominerais obtidos pelo Processo Humifert. **Bragantia**, v.69, p.191-199, 2010.
- BOKHTIAR, S.M.; SAKURAI K. Effect of application of inorganic and organic fertilizers on growth, yield and quality of sugar cane. **Sugar Tech**. v.7, p.33-37, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco nacional da cana-de-açúcar e agroenergia 2007**. Brasília, 2007. 139 p.
- SOARES, R. A. U. et al. Produção de Cana Orgânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L et al. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008, p. 770-772.
- CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de- Açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho-amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.9, n.1, p.1- 11, 2011
- CHAUTAN, N. et al. Effect of biocompost application on sugarcane crop. **Sugar Tech**. v.10, n.2, p.174-176, 2008.
- CHIEN, S. H. et al. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. **Nutr Cycl Agroecosystem**, v.89, p.229-255, 2011
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Primeiro levantamento de cana-de-açúcar – Abril 2013. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acessado em: 1 de Maio de 2013.
- COSTA, J. P. V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.828-835, 2006.
- DIAS, F. L. F.; ROSETTO, R. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. et al. (Eds.) **Atualização em produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. p. 107-120.
- ESPIRONELO, A. et al. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.377-382, 1986.
- FERNANDES, A.J. Manual da cana-de-açúcar. Livrocere, São Paulo. 2 ed. 196p. 1990.

FRAVET, P. R. F. et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.34, n.3, p.618-624, 2010.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 247f. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

GEBRIM, F. O. et al. Mobility of inorganic and organic phosphorus forms under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2010, vol.34, n.4, pp. 1195-1205. ISSN 0100-0683.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Nutrient Source Specifics: Triple Superphosphate**, Georgia, 2013.

KORNDORFER, G. H.; ALCARDE, J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p.217-222, 1992.

KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

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

LIMA, R.M.P. **Caracterização de variedades de cana-de-açúcar quanto à resistência e tolerância ao raquitismo-da-soqueira**. 2008. 66f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2002.

LUZ, P.H.C.; VITTI, G.C.; QUINTINO, T.A.; OLIVEIRA DE, D.B. **Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, GAPE – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 2005, 53p. (Apostila).

MALCOLAN, A.L. **Suprimento e absorção de fósforo em solos submetidos a diferentes sistemas de preparo**. 2006, 144f. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

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

MAHADEVAIAH, M. S. et al. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MOURA FILHO, G. et al. Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO ALAGOANO SOBRE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR, 7., 2006. Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, STAB Leste, 2006. CD-ROM 1..

MOURA FILHO, G. et al. Crescimento e produção de cana-de-açúcar em função da adubação mineral e torta de filtro, na região de Penedo-Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., Aracaju, 2007. **Anais...** Aracaju: SBAG, 2007. CD.

MOURA FILHO, G. et al. Determinação de Teores Ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na destilaria Japungu-PB, usando o método da chance matemática(Chm). In. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas. 29. Guarapari, 2010. **Resumos expandidos...** Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.

MOZAMBANI, A.E.; et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In. SEGATO, S.V. et al. (Eds.) **Atualização em produção da cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2006. p. 11-18.

NARDIN, R.R. **Torta-de-filtro aplicadas em argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Campinas: IAC, 2007. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agrônômico de Campinas.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p. 1343-1352, 2010.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.129-135, 2002.

PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Avaliação de novas variedades de cana-de-açúcar RB**. Rio Largo: PMGCA/CECA/UFAL, 2006. 12p.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.233-239 (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 107-114.

REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v.38, n.3, p.379-385, 2003.

ROSSETTO, R. et al. Eficiência agrônômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: **CONGRESSO NACIONAL DA STAB**, 8., Recife, 2002. p. 276-282.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. (Boletim Técnico) Piracicaba: Potafos, 2005.

ROSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 221-238

ROSETTO R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C; PRADO JUNIOR, J. P. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 271-288

SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.389-396, 2009.

SANTOS, D. H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SANTOS, D.H.; TIRITAN C.S.; FOLONI, J.S.S.; Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**. Dourados, v.5, n.15, p.1-6, 2012

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 45-56

SIMÕES NETO, et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

SIMÕES NETO, D. E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <
<http://ufrpe.br/pgs/portal/files/teses/2008/Djalma%20Euzebio%20Simoes%20Neto.pdf>>. Acesso em: 2012-08-09.

SOARES, R. A. B. et al. Produção de cana orgânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 763-790

SOUZA, R. T. X. Fertilizantes fosfatados para a cana-de-açúcar aplicados em pré-plantio (fosfatagem). 2011, 50f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

SOUZA, R. T. X.; KORNDORFER, G. H. Efeito da aplicação de fertilizantes fosfatados na produtividade da cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011 Pág. 1.

TASSO JUNIOR, L. C. et al. Extração de Macronutrientes em Cinco Variedades de Cana-de-Açúcar Cultivadas na Região Centro-Norte do Estado de São Paulo. **Revista STAB**, v.25, n.6, p.6-8, 2007.

TOMAZ, Halan Vieira de Queiroz. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-093150/>>. Acesso em: 2012-08-09.

ÚNICA- União da indústria de cana-de-açúcar. **Produção e uso do etanol combustível no Brasil**: respostas às questões mais freqüentes. São Paulo, 2007. 70p.

CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS E TEORES DE FÓSFORO NA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO

Resumo. A produção de cana-de-açúcar se intensifica cada vez mais no Brasil. Devido a sua alta produção de biomassa, há uma grande remoção de nutrientes do solo, exigindo um uso adequado de fertilizantes para a sua reposição. O uso de fontes de fósforo e torta de filtro vêm como uma alternativa para repor essa perda. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento da variedade RB92579 sob diferentes fontes e doses de fósforo. O experimento foi conduzido na Usina Sumaúma, na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, na região de Marechal Deodoro, AL. Os tratamentos consistiram de 3 fontes de adubação aplicadas em área total: i) ausência de adubação; ii) adubado com 120 kg ha⁻¹; iii) adubado com 40 t ha⁻¹ de torta de filtro; e 5 doses (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) de Super Fosfato Triplo aplicado no sulco de plantio. Esses tratamentos, em esquema fatorial 3x5, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram analisadas as seguintes variáveis biométricas: altura, diâmetro e número de plantas por metro linear. O solo foi amostrado nas profundidades 0-20 para determinação do P pelo extrator de Mellich-1 e as folhas +3 para a determinação de P via método da digestão nitroperclórica. As diferentes fontes e doses de P não influenciaram na altura, diâmetro e perfilhamento, com exceção dos primeiros dois meses após o plantio para a altura. As doses críticas encontradas, tanto para o teor foliar de P quanto para o teor de P no solo, elevaram o teor de P para níveis adequados.

Palavras-chave: Adubação, biometria, fosfatagem

CHAPTER 1

BIOMETRIC CHARACTERISTICS AND PHOSPHORUS CONTENT OF SUGARCANE UNDER DIFFERENT APPLICATION METHODS AND SOURCES OF PHOSPHORUS

Abstract: Sugarcane yield increases each day on Brazil. Due to its high biomass production, there is a large removal of soil nutrients, requiring a proper use of fertilizers to replace them. The use of phosphorus sources and filter cake come as an alternative to replace this loss. The following work was developed, aiming to evaluate the growth, agricultural and industrial yield of the sugarcane variety RB92579 under different sources and levels of phosphorus. The experiment was carried out on sugar mill industry Sumaúma, located in Marechal Deodoro – AL. The experimental design used was a randomized block design with four replications, arranged in a 3x5 factorial, totaling 15 treatments, corresponding to three sources of phosphate (control, single super phosphate and filter cake) and different levels of phosphorus (Triple Super Phosphate). The levels of P (Triple Super Phosphate) were applied on the bottom of the grove. The filter cake and phosphate were applied to the total area. The treatments consisted of different fertilizer combinations in total area and at the bottom of the groove of P₂O₅ (Triple Super Phosphate). Each plot consisted of eight furrows, 20 m long. The spacing used was a combination of 1.50 x 0.90 m between rows. The % of fiber was influenced by different levels of P in the furrows. Soil samples with a depth of 0 -20 cm were collected in order to evaluate the value of P by using the melich- 1 extractor. Leaf samples were collected in order to evaluate the value of P using the nitroperchloric digestion. The critical levels found in this work raised the P content of both soil and leaf to the recommended values. The different sources and level of P applied did not influence the height, diameter and number of plants per square meter. kg ha⁻¹.

Palavras-chave: Adubação, biometria, fosfatagem

INTRODUÇÃO

A expansão de canaviais no Brasil aumenta cada vez mais intensa devido à crescente demanda por açúcar e álcool no mundo. A produção prevista para a safra de 2013/2014 de aproximadamente 652 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em 8,8 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2013).

O fósforo é um elemento de grande importância para a cana-de-açúcar por participar tanto direta como indiretamente em diversos processos metabólicos da planta. O fósforo atua no desenvolvimento das raízes, aumenta a produção de colmos, como também atua nas características industriais de aumento de pol %, pureza de caldo e clarificação (TOMAZ, 2009; SIMÕES NETO et al., 2009; KORNDORFER 2004). Todavia, sua deficiência pode levar a diminuição na formação de sacarose. Um nível baixo de fósforo nos estágios iniciais de crescimento da cultura poderá comprometer todo o desenvolvimento da planta, já que a deficiência inicial dificilmente pode ser corrigida posteriormente (MAHADEVAIAH et al., 2007; SIMÕES NETO, 2008).

Rodrigues (2013), ao avaliar o efeito de diferentes formas e doses de fósforo na cana-de-açúcar na região de Penedo, AL, não encontrou efeito significativo da aplicação de fósforo para a altura de plantas e índice de área foliar, encontrando apenas efeito para diâmetro do colmo nos primeiros 120 dias após o plantio. Santos et al. (2011), ao avaliar o efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras da variedade de cana-de-açúcar RB867515 em Presidente Prudente-SP, constataram que as doses de fósforo associadas à torta de filtro, influenciaram a brotação da soqueira, com as doses de 4,0 t ha⁻¹ de torta e 50 kg ha⁻¹ sendo as mais efetivas. Caione et al. (2011), ao avaliar diferentes fontes de fósforo para adubação de duas variedades de cana forrageira no cerrado de Alta Floresta-MT, constatou diferença significativa para número de plantas e diâmetro de colmos, com todas as fontes sendo superiores a testemunha.

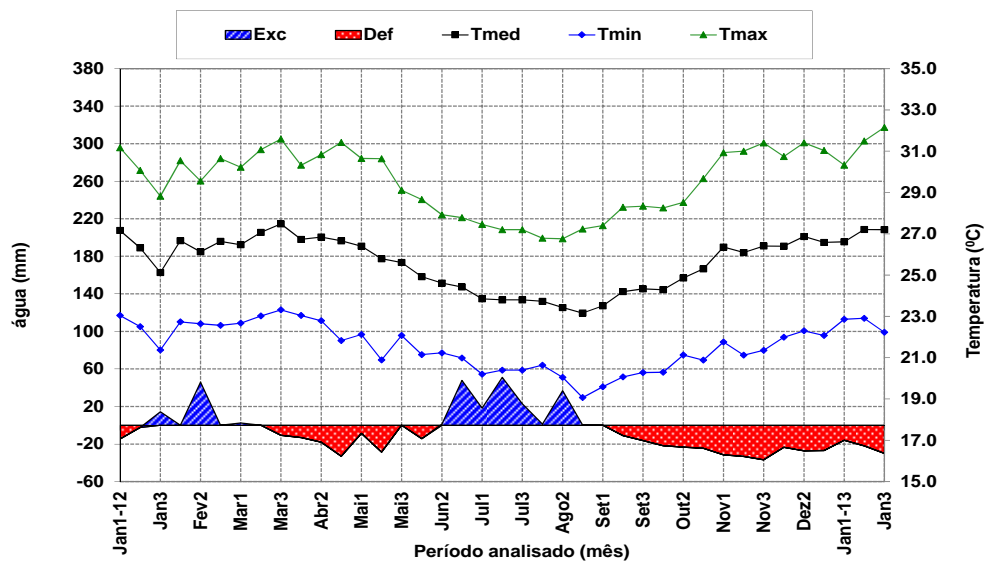
A hipótese desse trabalho é de que pelo menos uma das diferentes formas e doses de aplicação de fósforo influenciem significativamente nas características biométricas e teores foliares de fósforo do solo e da folha da cana-de-açúcar.

O objetivo do presente trabalho será avaliar as características biométricas e teor de fósforo do solo e da folha na variedade RB92579 sobre diferentes formas de aplicação, fontes e doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 na Usina Sumaúma situada no município de Marechal Deodoro, Estado de Alagoas, nas coordenadas $09^{\circ} 39' 22,5''$ S, $35^{\circ} 56' 35''$ O. A temperatura média característica da região é $24,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). O experimento foi montado no início em 31 de Janeiro de 2012.

Figura 1. Balanço hídrico e temperatura média decendial para o período de 31 de Janeiro de 2012 à 31 de Janeiro de 2013 Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 Usina Sumaúma, Marechal Deodoro – AL.



Foi realizada a seleção da área experimental, com a coleta das amostras de solo para que pudesse ser realizada a caracterização química e física do solo até os 60 cm iniciais de profundidade, caracterizando um Argissolo Amarelo distrocoeso típico de textura média/argilosa (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física de solo na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.

Profundidade	pH(H₂O)	Na	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca+Mg	Ca	Mg
--cm--		-----mg dm ⁻³ -----							cmol _c dm ⁻³ -----		
00-20	5,5	15	8,0	25	15,7	0,71	1,4	13,8	2,8	1,9	0,9
20-40	5,2	10	4,0	13	25,5	0,56	0,8	8,27	0,9	0,6	0,3
40-60	4,9	12	2,0	17	21,4	0,28	1,4	7,47	0,8	0,6	0,2
Profundidade	Al	H+Al	SB	CTCt	CTC	%V	%M	%Na	%K	M.O.	
--cm--	-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----					
00-20	0,09	3,5	2,9	3,02	6,43	45,6	3,0	1,0	1,0	1,34	
20-40	0,84	4,5	1,0	1,82	5,48	17,8	46	0,8	0,6	0,88	
40-60	1,18	4,5	0,9	2,08	5,4	16,6	57	1,0	0,8	0,56	
Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte/Argila	Classe Textural					
--cm--	-----g kg ⁻¹ -----										
00-20	470	280	50	200	0.25	Franco-Arenosa					
20-40	420	190	90	300	0.30	Franco-Argiloarenosa					
40-60	350	160	40	450	0.09	Argilo-Arenosa					

A variedade utilizada no experimento foi a RB92579. Os tratamentos consistiram de 3 fontes de adubação aplicadas em área total: i) ausência de adubação; ii) adubado com 120 kg ha⁻¹; iii) adubado com 40 t ha⁻¹ de torta de filtro (Tabela 2); e 5 doses (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) de Super Fosfato Triplo aplicado no sulco de plantio. Esses tratamentos, em esquema fatorial 3x5, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, perfazendo 60 parcelas. Cada parcela foi constituída de oito linhas de cana-de-açúcar com 20 m de comprimento, com um espaçamento combinado de 1,50 x 0,90 m entre sulcos, visando facilitar a colheita mecanizada do experimento, a área total de cada parcela foi de 192 m², a área útil constituída por quatro linhas centrais, com 10 m cada. No plantio da cana-de-açúcar ficou estabelecido uma densidade de plantio de 15 gemas por metro linear da variedade RB92579.

Tabela 2. Composição média de uma amostra de torta de filtro obtida na Usina Sumauma, município de Marechal Deodoro.

Elemento	%
C	40
SiO ₂	7,6
N	1,4
P	1,5
K	0,3
Ca	4,0
Mg	0,4
S	1,3
Umidade	78

Fonte: Usina Sumaúma (2012)

O manejo do solo consistiu de uma gradagem para a destruição de restos culturais e subsolagem com nivelamento. A calagem foi feita de acordo com a análise do solo objetivando atingir 60% de saturação de base. Todo o N e o K foram aplicados no fundo do sulco de plantio, juntamente com as doses de P. A dose padrão de N em todos os tratamentos foi de 360 kg ha⁻¹, na forma de sulfato de amônio e a de K₂O, 290 kg ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

A variedade RB92579 foi plantada no dia 31 de janeiro de 2012 e colhida em 31 de Janeiro de 2013. O material vegetal foi coletado na área útil da parcela, amostrando-se ao acaso 10 plantas de cada uma das 4 linhas centrais, totalizando 30 plantas por parcela.

Para avaliação do crescimento da cana-de-açúcar, identificaram-se 20 plantas nas quatro linhas centrais do cultivo, onde aos 240 DAP, foram coletados dados de altura do colmo e diâmetro do colmo. O número de perfilhos foram feitos aos 90, 120 e 180 DAP.

A altura do colmo foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica a partir do nível do solo até a última região auricular visível da folha +, segundo numeração sugerida por Kuijper (DILLEWIJN, 1952) e a medição do diâmetro do colmo foi realizada em 30 plantas, na altura correspondente a utilizando-se um paquímetro digital no terço médio da planta.

Análise foliar

A coleta das amostras de folhas de cana-de-açúcar foi realizada no início da estação chuvosa, visando o período em que há um aumento na absorção de nutrientes. Cada parcela teve 30 folhas coletadas aleatoriamente, retirando os 20 cm medianos das folhas +3, destacando a nervura central das folhas, para a análise foliar, de acordo com o sistema de Kuijper, Malavolta et al. (1997) e Silva (2009). As amostras de folhas foram submetidas à

secagem em estufa a 65⁰C com circulação forçada de ar por 72 h e passadas em moinho tipo Wiley, com peneiras de 20 mesh. A determinação de P na folha foi feita com o uso da digestão nitroperclórica, conforme EMBRAPA, 2009.

Análise do solo

A coleta das amostras de solo foi realizada no período de Janeiro de 2013. Foram coletadas 10 amostras de solo por parcela, para obtenção de uma amostra composta, sendo armazenadas em sacos de papel. Estas foram deixadas quatro dias em ambiente aberto para secagem ao ar, sendo então levadas a peneiras de 20 mesh. A determinação de P no solo foi feita pelo extrator Mehlich-I, conforme EMBRAPA, 2009.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância e o teste de média dos dados de número de plantas por metro linear, para a data de 16/04/12, encontram-se na Tabela 3. Ocorreu diferença apenas para as diferentes doses de P aplicadas no sulco de plantio.

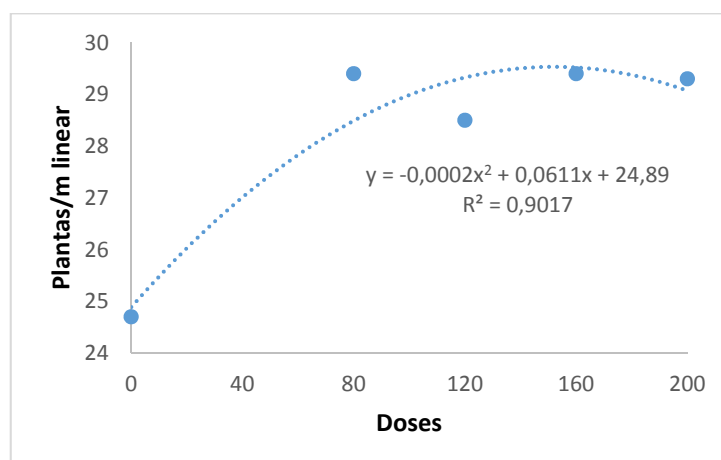
Tabela 3. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, no período de 16/04/12 em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	26,2	26,6	30,1	30,9	29,2	28,1
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	31,7	31,7	27,6	27,8	29,8	27,4
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	30,0	30,0	27,9	29,7	29,0	28,9
Média	24,7	29,4	28,5	29,4	29,3	
FV	GL	QM				
Blocos	03	4,0913 ^{ns}				
AAT	02	12,4862 ^{ns}				
Doses	04	48,7729*				
AAT x Doses	08	24,3405 ^{ns}				
Resíduo	42	16,8387				
CV (%)		14,5				
Média		28,3				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

A análise de regressão para as diferentes doses de P aplicadas no sulco de plantio revelou que a dose de maior produção de número de plantas nesse período foi a de 150 kg ha⁻¹, com um comportamento quadrático (Figura 2).

Figura 2. Número de plantas por metro linear pelas doses de fósforo no fundo do sulco



A análise de variância e o teste de média dos dados de número de plantas por metro linear, para a data de 14/05/12, encontram-se na Tabela 4. Não ocorreram diferenças para a AAT, doses de P no sulco de plantio e para a interação AAT x doses no sulco de plantio.

Tabela 4. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, no período de 14/05/12 em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	27,6	28,9	29,0	29,8	29,4	28,9
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	27,6	30,1	29,2	41,8	28,8	31,5
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	27,2	29,2	29,8	29,4	28,6	28,8
Média	27,5	29,4	29,3	33,6	28,9	
FV	GL	QM				
Blocos	03	60,1202 ^{ns}				
AAT	02	44,3351 ^{ns}				
Doses	04	63,9168 ^{ns}				
AAT x Doses	08	39,5830 ^{ns}				
Resíduo	42	86,4175				
CV (%)		31,30				
Média		29,75				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

A análise de variância e o teste de média dos dados de número de plantas por metro linear, para a data de 27/07/12, encontram-se na Tabela 5. Não ocorreram diferenças para a AAT, doses de fósforo no sulco de plantio e da interação AAT x doses no sulco de plantio.

Tabela 5. Análise de variância dos valores médios da variável número de plantas por metro linear, no período de 27/07/12 em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	14,8	15,0	15,5	15,4	24,7	17,1
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	14,7	16,0	15,8	14,3	15,5	15,2
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	14,9	15,3	16,0	15,0	15,3	15,3
Média	14,8	15,4	15,7	14,9	18,5	
FV	GL	QM				
Blocos	03	26,6129 ^{ns}				
AAT	02	21,6180 ^{ns}				
Doses	04	27,3411 ^{ns}				
AAT x Doses	08	23,7263 ^{ns}				
Resíduo	42	19,8411				
CV (%)		28,05				
Média		15,88				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

A ausência de diferença para a variável número de planta por metro linear pode ser atribuída a estiagem no estado de alagoas (Figura 1). A falta de umidade prejudica o fluxo difusivo de P, diminuindo a absorção deste elemento pela planta e consequentemente, o perfilhamento (COSTA et al., 2006). Em regiões com déficit hídrico, a disponibilidade de água apresenta-se como fator limitante para obtenção de maior rendimento da cana-de-açúcar, sendo este responsável pela variação de 44% do rendimento (RIBEIRO et al., 1984). O valor médio de número de plantas foi de 15,8 plantas por metro linear, sendo este superior ao encontrado por Rodrigues (2013) que obteve 12,5 plantas por metro linear, ao avaliar o efeito de diferentes formas e doses de P sobre características agrícolas e tecnológicas na variedade RB92579, sob condições hídricas semelhantes. Isso pode ser atribuído ao fato do experimento de Rodrigues (2013) ter sido realizado em um Latossolo Amarelo Distrófico, mais deficiente em nutrientes, em relação ao desse experimento, um Argissolo Amarelo distrocoeso típico. De acordo com Silva (2007), a produção de perfilhos pode cair devido a competição por água, luz, nutriente e espaço. Moura Filho et al. (2005), constatou que o número de perfilhos foi afetado pela adubação e disponibilidade de água. Orlando Filho e Rodella (1995) e Ramesh e Mahadevaswamy (2000), encontraram valores superiores ao deste trabalho, obtendo um número de 20 e 30 plantas por metro linear, respectivamente, em um período similar, com posterior redução no número de plantas até a colheita, devido à competição populacional.

A análise de variância e o teste de média dos dados de altura da cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 6. Não ocorreu diferença para esta variável quando adubada em área total e nem para a aplicação em sulco de plantio para a altura da cana-de-açúcar.

Tabela 6. Análise de variância dos valores médios da variável Altura da cana-de-açúcar, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,1
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	2,2	2,0	2,2	2,1	2,1	2,1
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2
Média	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	
FV	GL	QM				
Blocos	03	0,2298 ^{ns}				
AAT	02	0,0159 ^{ns}				
Doses	04	0,0112 ^{ns}				
AAT x Doses	08	0,0168 ^{ns}				
Resíduo	42	0,0124				
CV (%)	2,15					
Média	5,18					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Embora não tenha ocorrido diferença, a altura média da cana-de-açúcar foi de 2,1 m, valor superior ao encontrado por Rodrigues (2013) que obteve 1,75 m. Diferindo dos resultados obtidos, Caione (2011), ao estudar diferentes doses e formas de aplicação de P, encontrou resultados significativos, em relação a dose aplicada no sulco, sendo a dose 150 kg ha⁻¹ a que proporcionou uma maior altura.

A análise de variância e o teste de média dos dados de diâmetro da cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 7. Não ocorreram diferenças do diâmetro para a AAT, doses de P no sulco de plantio e para a interação AAT x doses no sulco de plantio.

Tabela 7. Análise de variância dos valores médios da variável diâmetro da cana-de-açúcar, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	24,7	25,0	24,6	24,7	24,1	24,6
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	25,0	24,8	24,3	24,4	24,2	24,5
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	24,9	24,8	25,2	24,4	24,9	24,8
Média	24,7	24,9	24,7	24,5	24,4	
FV	GL	QM				
Blocos	03	3,8742 ^{ns}				
AAT	02	0,4680 ^{ns}				
Doses	04	0,5839 ^{ns}				
AAT x Doses	08	0,3011 ^{ns}				
Resíduo	42	0,5118				
CV (%)		2,9				
Média		24,67				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Embora não tenha ocorrido diferença, os valores encontrados nesse trabalho foram próximos aos encontrados por Rodrigues (2013), com um valor médio de 26,5. Caione (2011), ao estudar diferentes formas de aplicação e doses de P com relação ao diâmetro de plantas, não encontrou diferenças significativas para as doses e formas de aplicação de P. Alvarez & Castro (1999) e Oliveira et al. (2004), encontraram valores médios de diâmetro de colmos entre 2,3 a 2,5 cm, similares aos obtidos nesse trabalho.

A análise de variância e o teste de média dos dados de teor de P na folha encontram-se na Tabela 8. Ocorreu diferença tanto para as diferentes AAT como para as diferentes doses de P aplicadas no sulco de plantio.

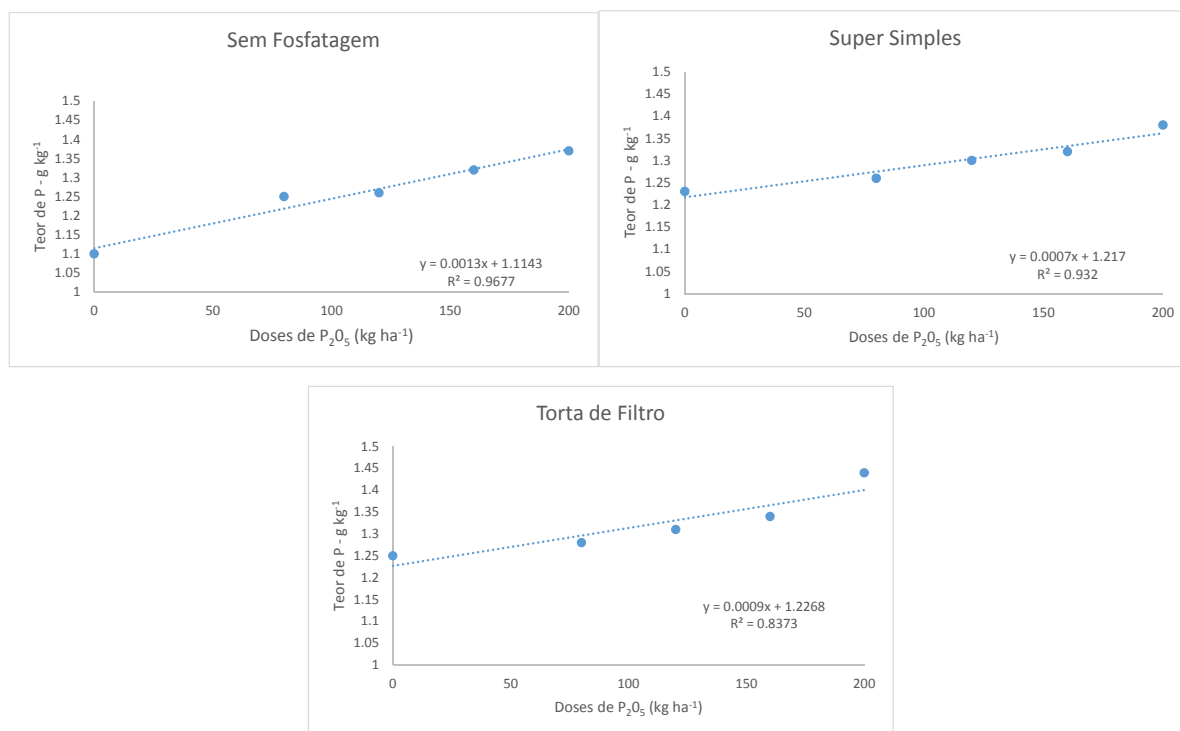
Tabela 8. Análise de variância dos valores médios do teor de fósforo da folha da cana-de-açúcar, em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P no sulco					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	1,10	1,25	1,26	1,32	1,37	1,26B
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	1,23	1,26	1,30	1,32	1,38	1,30A
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	1,25	1,28	1,31	1,34	1,44	1,32A
Média	1,19	1,26	1,29	1,33	1,40	
FV	GL	QM				
Blocos	03	0,0006 ^{ns}				
AAT	02	0,0203 ^{**}				
Doses	04	0,0660 ^{**}				
AAT x Doses	08	0,0037 ^{ns}				
Resíduo	42	0,0018				
CV (%)		3,3				
Média		1,30				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os tratamentos que tiveram aplicação de SS e Torta de Filtro em área total foram superiores a testemunha, com valores médios de 1,30 e 1,32 g kg⁻¹, respectivamente. Rodrigues (2013), encontrou diferença significativa ao avaliar o efeito de diferentes fontes e formas de aplicação de P em canaviais de AL, obtendo valores superiores ao desse trabalho, com uma média de 1,45 g kg⁻¹.

Figura 3. Teor de P foliar em função das doses aplicadas no fundo do sulco para as diferentes aplicações de fósforo em área total



Para o valor máximo de TCH de 90,35 t ha⁻¹ (Capítulo 2) equivalente a 136 kg ha⁻¹ de P no sulco de plantio, pode-se observar um teor foliar de P de 1,29 g kg⁻¹ para o tratamento sem adubação em área total. Já para a aplicação de supersimples em área total e de torta de filtro, que não tiveram seus valores de TCH e TPH influenciados pelas diferentes doses de P no sulco de plantio (Capítulo 2), pode-se observar um teor foliar de 1,22 g kg⁻¹ para um TCH de 84 t ha⁻¹ para a aplicação de supersimples em área total e 1,23 g kg⁻¹ para o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total para um TCH de 92,6 t ha⁻¹ (Figura 3). Considerando um nível crítico de 90% (122 kg ha⁻¹), pode-se observar um teor de P de 1,28 g kg⁻¹ para o tratamento sem aplicação de P em área total, 1,22 g kg⁻¹ para os tratamento com aplicação de Super Simples em área total e 1,23 g kg⁻¹ para o tratamento com aplicação de torta de filtro. Logo, para o tratamento sem aplicação de P em área total, recomenda-se a dose de 136 kg ha⁻¹ no sulco de plantio para um maior teor de P foliar. Caso fosse feita uma aplicação em área total, recomendar-se o uso da torta de filtro devido tanto a fonte de fósforo como melhoria nas qualidades do solo. Os teores de fósforo foram superiores aos encontrados por Simões Neto (2008) ao testar sete níveis de P em duas variedades de cana-de-açúcar, encontrando um nível crítico para um Argissolo Amarelo de 0,65 g kg⁻¹ e também estão de acordo com os teores ótimos recomendados pela literatura de 1,2 a 3,0 g kg⁻¹ (ESPIRONELO

et al., 1986; KORNDORFER E ALCARDE, 1992; RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA et al. 1997; PRADO et al., 2002; REIS JUNIOR E MONNERAT, 2003; MOURA FILHO, 2010).

Para o valor máximo de TPH de 15 t ha⁻¹ (Capítulo 2) equivalente a 139 kg ha⁻¹ de fósforo aplicada no sulco de plantio, pode-se observar um teor foliar de P de 1,30 g kg⁻¹. Já para a aplicação de supersimples em área total e de torta de filtro, que não tiveram seus valores de TCH e TPH influenciados pelas diferentes doses de P no sulco de plantio (Capítulo 2), pode-se observar um teor foliar de 1,22 g kg⁻¹ para um TPH de 14 t ha⁻¹ para a aplicação de supersimples em área total e 1,23 g kg⁻¹ para o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total para um TPH de 15 t ha⁻¹ (Figura 3) Considerando um nível crítico de 90% (125 kg ha⁻¹), pode-se observar um teor de P de 1,28 g kg⁻¹ para o tratamento sem aplicação de adubação, 1,22 g kg⁻¹ para os tratamento com aplicação de Super Simples em área total e 1,23 g kg⁻¹ para o tratamento com aplicação de torta de filtro.

Mesmo sendo um ano com pouca precipitação pluviométrica (Figura 1), a cana-de-açúcar respondeu a adubação fosfatada no sulco de plantio, havendo um aumento do teor de fósforo no tecido foliar com o aumento da dose aplicada, provavelmente devido ao fato da aplicação localizada no sulco de plantio, próximo as raízes, e a baixa mobilidade de fósforo no solo. Rodrigues (2013) encontrou um valor médio de P no tecido foliar de 1,45 g kg⁻¹, valores similares ao encontrado nesse trabalho, o que pode ter ocorrido devido ao fato do solo do seu experimento, um Latossolo Amarelo Distrófico, ser mais deficiente em nutrientes quando comparados ao desse experimento e também ao déficit hídrico.

A análise de variância e o teste de média dos dados de teor de P no solo encontram-se na Tabela 9. Ocorreu diferença tanto para as diferentes AAT como para para as diferentes doses de P aplicadas no sulco de plantio.

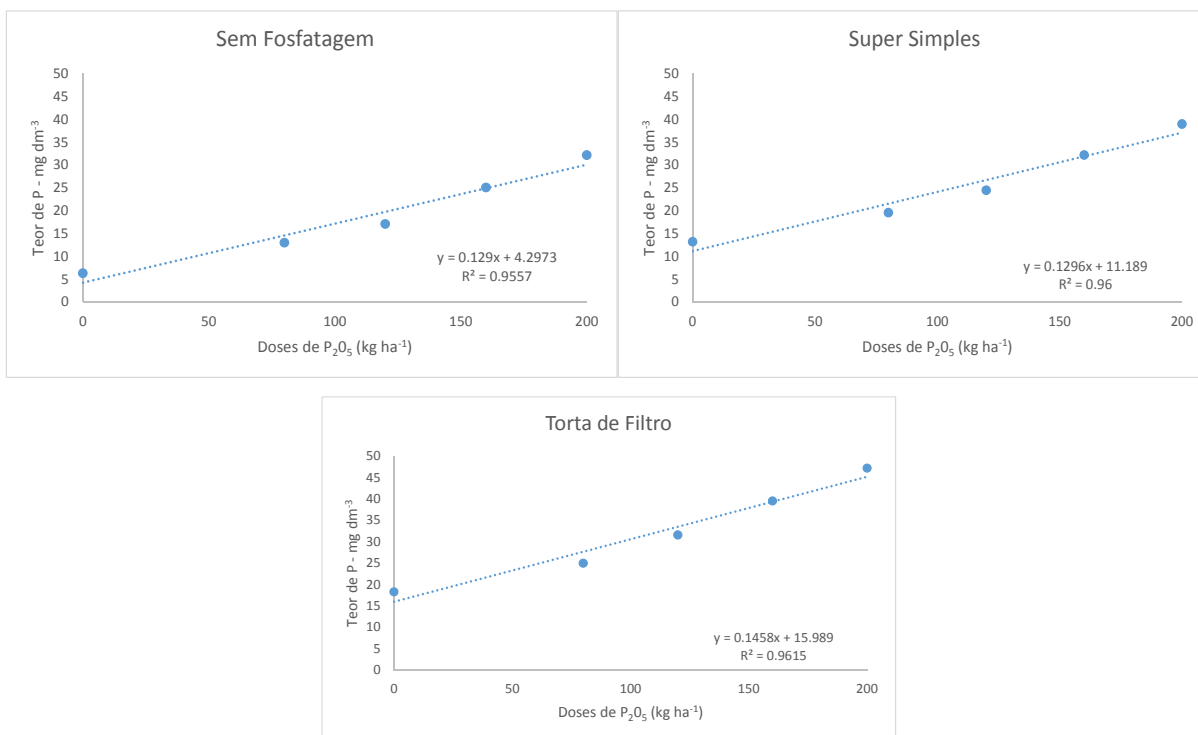
Tabela 9. Análise de variância dos valores médios do teor de fósforo no solo em função de diferentes fontes e doses de fósforo.

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	6,3	13,0	17,1	25,1	32,2	18,8C
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	13,2	19,6	24,5	32,2	39,0	25,7B
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	18,3	25,0	31,6	39,5	47,2	32,3A
Média	12,6	19,2	24,4	32,3	39,5	
FV	GL	QM				
Blocos	03	5,8964 ^{ns}				
AAT	02	921,6013 ^{**}				
Doses	04	1345,8780 ^{**}				
AAT x Doses	08	2,6688 ^{ns}				
Resíduo	42	2,6420				
CV (%)	6,35					
Média	25,6					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas para variedade e minúscula nas linhas para solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

O tratamento com torta de filtro se mostrou superior aos demais avaliados nesse experimento no quesito teor de P do solo, com um valor médio de 32,3 mg dm⁻³. Rodrigues (2013), encontrou diferenças significativas no teor de P do solo, ao avaliar o efeito de diferentes fontes e formas de aplicação de fósforo, encontrando valores superiores ao desse trabalho, com uma média de 57,5 mg dm⁻³.

Figura 4. Teor de P no solo em função das doses aplicadas no fundo do sulco para as diferentes aplicações de fósforo em área total



Para o valor máximo de TCH de 90,35 t ha⁻¹ (Capítulo 2) equivalente a 136 kg ha⁻¹ de P no sulco de plantio, pode-se observar um teor de P no solo de 21,99 mg dm⁻³ para o tratamento sem adubação em área total. Já para a aplicação de supersimples em área total e de torta de filtro, que não tiveram seus valores de TCH e TPH influenciados pelas diferentes doses de P no sulco de plantio (Capítulo 2), pode-se observar um teor foliar de 11,18 mg dm⁻³ para um TCH de 84 t ha⁻¹ para a aplicação de supersimples em área total e 16,00 mg dm⁻³ para o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total para um TCH de 92,6 t ha⁻¹ (Figura 3). Considerando um nível crítico de 90% (122 kg ha⁻¹), pode-se observar um teor de 20,00 mg dm⁻³ para o tratamento sem adubação em área total, 11,18 mg dm⁻³ para os tratamento com aplicação de supersimples em área total e 16,00 mg dm⁻³ para o tratamento com aplicação de torta de filtro (Figura 4). O nível crítico de P está na faixa recomendada por Orlando Filho (1994) no estado de Alagoas. Os teores de P no solo foram superiores aos encontrados por Simões Neto (2008) ao testar sete níveis de P em duas variedades de cana-de-açúcar, encontrando um nível crítico para um Argissolo Amarelo de 14,0 mg dm⁻³ ao usar o extrator Mehlich-1, o mesmo utilizado nesse trabalho. Logo, para o tratamento sem adubação em área total, recomenda-se a dose de 136 kg ha⁻¹ para um maior teor de P no solo. Para adubar em área total, recomenda-se o uso da torta de filtro.

Para o valor máximo de TPH de 15 t ha^{-1} (Capítulo 2) equivalente a 140 kg ha^{-1} de P no sulco de plantio, pode-se observar um teor de P no solo de $22,2 \text{ mg dm}^{-3}$ para o tratamento sem adubação em área total. Já para a aplicação de supersimples em área total e de torta de filtro, que não tiveram seus valores de TCH e TPH influenciados pelas diferentes doses de P no sulco de plantio (Capítulo 2), pode-se observar um teor foliar de $11,18 \text{ mg dm}^{-3}$ para um TPH de 14 t ha^{-1} para a aplicação de supersimples em área total e $16,00 \text{ mg dm}^{-3}$ para o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total para um TPH de $14,9 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 3). Considerando um nível crítico de 90% (125 kg ha^{-1}), pode-se observar um teor de $20,4 \text{ mg dm}^{-3}$ para o tratamento sem aplicação de fósforo em área total, $11,18 \text{ mg dm}^{-3}$ para os tratamento com aplicação de Super Simples em área total e $16,00 \text{ mg dm}^{-3}$ para o tratamento com aplicação de torta de filtro. Novamente, a torta de filtro se mostrou superior.

CONCLUSÕES

As diferentes fontes e doses de P não influenciaram na altura, diâmetro e perfilhamento, com exceção dos primeiros dois meses após o plantio para a altura.

As doses críticas encontradas, tanto para o teor foliar de P quanto para o teor de P no solo, elevaram o teor de P para níveis adequados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, I. A.; CASTRO, P. R. C. Crescimento da parte aérea da cana rua e queimada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1069-1079, 1999
- BOKHTIAR, S.M.; SAKURAI K. Effect of application of inorganic and organic fertilizers on growth, yield and quality of sugar cane. **Sugar Tech.** v.7, p.33-37, 2005.
- CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de- Açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho-amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.9, n.1, p.1- 11, 2011
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Primeiro levantamento de cana-de-açúcar** – Abril 2013. Disponível em: <www.conab.gov.br >. Acessado em: 1 de Maio de 2013.
- COSTA, J. P. V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.828-835, 2006.
- DILLEWIJN, C. V. **Botany of sugarcane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952, 371p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, segunda edição**. Brasília, 627 p., 2009.
- ESPIRONELO, A. et al. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). **Bragantia**, Campinas, v.45, n.2, p.377-382, 1986.
- KORNDORFER, G. H.; ALCARDE. J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p.217-222, 1992.
- KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319 p.
- MAHADEVAIAH, M. S. et al.. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.
- MOURA FILHO, G. et al. GD-CANA – Programa cálculo de graus-dia para a cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. CD-ROM.
- MOURA FILHO, G. et al. Determinação de Teores Ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na destilaria Japungu-PB, usando o método da chance matemática(Chm). In. XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de plantas. 29. Guarapari, 2010. **Resumos expandidos...** Guarapari: SBCS, 2010. CD-ROM.

ORLANDO FILHO, J. O. Seja o doutor do seu canavial. Potafos. **Arquivo do agrônomo**, n.6. Setembro, 1994.

ORLANDO FILHO, J. O.; RODELLA, A. A. Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: perfilhamento e produtividade agrícola. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 13, ' ; 16-18, 1995.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, cana planta, no Estado do Paraná. **Scientia Agrária**, v.5, p. 87-94, 2004.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v.59, n.1, p.129-135, 2002.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.233-239 (Boletim técnico, 100).

RAMESH, P.; MAHADEVSWAMY, M. Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot, mortality, cane attributes, yiled and quality of four sugarcane cultivars. **Journal Agronomy & Crop Science**, v. 185, p. 249-258, 2000.

REIS JUNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v.38, n.3, p.379-385, 2003.

RIBEIRO, M. R.; HALSTEAD, E.H.; JONG, E. Rendimento da cana-de-açúcar e características das terras da microrregião da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 8, p. 209-213, 1984.

RODRIGUES, W. A. R. **Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar influenciada pela forma de aplicação e doses de fósforo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2013

SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.389-396, 2009.

SANTOS, D. H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** , v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SIMÕES NETO, D.E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco**.2008. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <
<http://ufrpe.br/pgs/portal/files/teses/2008/Djalma%20Euzebio%20Simoes%20Neto.pdf>>.
Acesso em: 2012-08-09.

SIMÕES NETO, D. E. et al. et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

TOMAZ, H. V. Q. Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-093150/>>. Acesso em: 2013-08-09.

CAPÍTULO 2

RENDIMENTO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DIFERENTES FONTES E DOSES DE FÓSFORO

Resumo: A produção de cana-de-açúcar se intensifica cada vez mais no Brasil. Devido a sua alta produção de biomassa, há uma grande remoção de nutrientes do solo, exigindo um uso adequado de fertilizantes para a sua reposição. O uso de fontes de fósforo e torta de filtro vêm como uma alternativa para repor essa perda. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o rendimento agrícola e industrial na variedade RB92579 sob diferentes fontes e doses de fósforo. O experimento foi conduzido na Usina Sumaúma, na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, na região de Marechal Deodoro, AL. Os tratamentos consistiram de 3 fontes de adubação aplicadas em área total: i) ausência de adubação; ii) adubado com 120 kg ha⁻¹; iii) adubado com 40 t ha⁻¹ de torta de filtro; e 5 doses (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) de Super Fosfato Triplo aplicado no sulco de plantio. Esses tratamentos, em esquema fatorial 3x5, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram analisadas o rendimento agrícola e industrial. As doses crescentes de P no sulco de plantio aumentaram a % de fibra. As diferentes fontes e doses de fósforo aumentaram o rendimento agrícola e industrial. Para um cultivo sem adubação em área total, recomenda-se uma dose de 136 kg ha para a obtenção de maior TCH e TPH, respectivamente. Tanto o tratamento sem adubação em área total e para aqueles com a aplicação de torta de filtro em área total propiciaram o aumento do MCA

CHAPTER 2

AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL YIELD OF SUGARCANE UNDER DIFFERENT APPLICATION METHODS AND LEVELS OF PHOSPHORUS

Abstract: Sugarcane yield increases each day on Brazil. Due to its high biomass production, there is a large removal of soil nutrients, requiring a proper use of fertilizers to replace them. The use of phosphorus sources and filter cake come as an alternative to replace this loss. The following work was developed, aiming to evaluate the growth, agricultural and industrial yield of the sugarcane variety RB92579 under different sources and levels of phosphorus. The experiment was carried out on sugar mill industry Sumaúma, located in Marechal Deodoro – AL. The experimental design used was a randomized block design with four replications, arranged in a 3x5 factorial, totaling 15 treatments, corresponding to three sources of phosphate (control, single super phosphate and filter cake) and different levels of phosphorus (Triple Super Phosphate). The levels of P (Triple Super Phosphate) were applied on the bottom of the grove. The filter cake and phosphate were applied to the total area. The treatments consisted of different fertilizer combinations in total area and at the bottom of the groove of P₂O₅ (Triple Super Phosphate). Each plot consisted of eight furrows, 20 m long. The spacing used was a combination of 1.50 x 0.90 m between rows. The different levels of P applied on the bottom of the grove influenced the % of fiber. The different sources and level of P applied influenced the agricultural and industrial yield. The treatment with filter cake applied to the total area increased the MCA.

Key-words: fertilization, filter cake, triple superphosphate

INTRODUÇÃO

A expansão de canaviais no Brasil vem se tornando cada vez mais intensa devido à crescente demanda por açúcar e álcool no mundo.

O P é um macronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas. Sua importância para a cana-de-açúcar ocorre devido a sua participação direta e indiretamente nos diversos processos metabólicos, como atuação no desenvolvimento das raízes e aumento da produção de colmos, como também em processos de formação de proteínas, divisão celular, fotossíntese, formação de sacarose e armazenamento de energia. Além dos benefícios no campo, uma boa adubação fosfatada também é de grande importância na qualidade industrial da cana-de-açúcar, influenciando a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (% de pol), clarificação e pureza de caldo (KORNDORFER 2004; TOMAZ, 2009; SIMÕES NETO et al., 2009).

A aplicação da torta de filtro tem apresentada resposta positiva na produção de colmos de cana (TCH) e de açúcar (TPH) em diversos trabalhos (MOURA FILHO et al., 2007; FRAVET et al., 2010; SANTOS et al., 2011). Por outro lado, Nardin (2007) não constatou efeito da torta de filtro no rendimento de colmos e de açúcar, em duas variedades (SP89-11115 e IAC87-3396). O aumento do teor de açúcar tem sido atribuído ao aumento da produção de colmos, propiciada pelos nutrientes presentes na torta (N, P, S e Ca) e aumentos na retenção de água pelos solos e na capacidade de troca de cátions, visto que, em diversos trabalhos não tem constatados efeitos na qualidade do caldo da cana (NARDIN, 2007; CHAULTAN et al., 2008; FRAVET et al., 2010). Por outro lado, Moura Filho et al. (2007) e Fravet et al. (2010) constataram diminuição na qualidade do caldo com a aplicação da torta de filtro, enquanto que Santos et al. (2011) observaram ganhos na qualidade, avaliadas pelos Brix, Pol e Pureza.

Caione (2011), trabalhando com diferentes modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho amarelo, não encontrou diferença na produção de cana-de-açúcar em diferentes doses, logo, considerou a aplicação no sulco de plantio mais viável, por ser menos onerosa. Lima Filho et al. (1982), estudando doses, fontes e sistema de aplicação de P em cana planta, encontraram respostas significativas por tonelada de cana, açúcar por hectare. Rodrigues (2013), ao avaliar o efeito de diferentes doses e formas de P na região de Penedo, Alagoas, encontrou diferença significativa para a pureza, fibra, PCC e TPH para as diferentes doses aplicadas no fundo do sulco. Tomaz (2009), ao avaliar o

efeito de diferentes fontes, doses e formas de aplicação de P na variedade de cana-de-açúcar SP 89-1115 em Junqueirópolis-SP, não constatou efeito significativo das diferenças formas de aplicação, fontes e doses para as características tecnológicas.

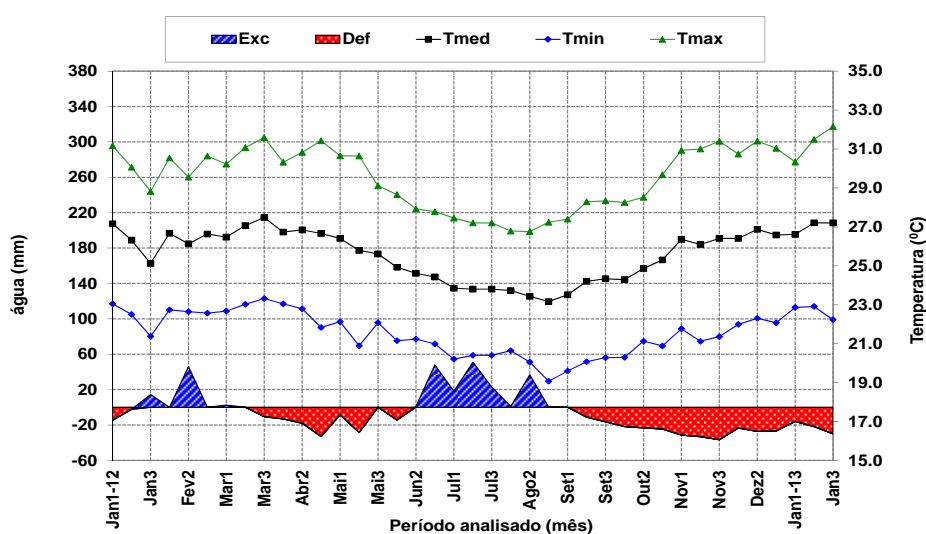
A hipótese desse trabalho é de que pelo menos uma das diferentes formas e doses de aplicação de P influenciem significativamente nas características de produção agrícola e tecnológica da cana-de-açúcar.

Em virtude dos fatos supracitados, o presente trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento e a produção da cana-de-açúcar, submetido a diferentes fontes e doses de P na região de Marechal Deodoro, Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi desenvolvido na Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 na Usina Sumaúma situada no município de Marechal Deodoro, Estado de Alagoas, nas coordenadas $09^{\circ} 39' 22,5''$ S, $35^{\circ} 56' 35''$ O. A temperatura média característica da região é $24,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). O experimento foi montado no início em 31 de Janeiro de 2012.

Figura 1. Balanço hídrico e temperatura média decendial para o período de 31 de Janeiro de 2012 à 31 de Janeiro de 2013 Fazenda Flor da Ribeira, Lote 01 Usina Sumaúma, Marechal Deodoro – AL.



Foi realizada a seleção da área experimental, com a coleta das amostras de solo para que pudesse ser realizada a caracterização química e física do solo até os 60 cm iniciais de profundidade, caracterizando um Argissolo Amarelo distrocoeso típico de textura média/argilosa (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física de solo na Fazenda Flor da Ribeira, lote 01, Usina Sumaúma, Marechal Deodoro, AL.

Profundidade	pH(H₂O)	Na	P	K	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca+Mg	Ca	Mg
--cm--		-----mg dm ⁻³ -----						cmol _c dm ⁻³ -----			
00-20	5,5	15	8,0	25	15,7	0,71	1,4	13,8	2,8	1,9	0,9
20-40	5,2	10	4,0	13	25,5	0,56	0,8	8,27	0,9	0,6	0,3
40-60	4,9	12	2,0	17	21,4	0,28	1,4	7,47	0,8	0,6	0,2
Profundidade	Al	H+Al	SB	CTCt	CTC	%V	%M	%Na	%K	M.O.	
--cm--	-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----					
00-20	0,09	3,5	2,9	3,02	6,43	45,6	3,0	1,0	1,0	1,34	
20-40	0,84	4,5	1,0	1,82	5,48	17,8	46	0,8	0,6	0,88	
40-60	1,18	4,5	0,9	2,08	5,4	16,6	57	1,0	0,8	0,56	
Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Silte/Argila	Classe Textural					
--cm--	-----g kg ⁻¹ -----										
00-20	470	280	50	200	0.25	Franco-Arenosa					
20-40	420	190	90	300	0.30	Franco-Argiloarenosa					
40-60	350	160	40	450	0.09	Argilo-Arenosa					

A variedade utilizada no experimento foi a RB92579. Os tratamentos consistiram de 3 fontes de adubação aplicadas em área total: i) ausência de adubação; ii) adubado com 120 kg ha⁻¹; iii) adubado com 40 t ha⁻¹ de torta de filtro (Tabela 2); e 5 doses (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) de Super Fosfato Triplo aplicado no sulco de plantio. Esses tratamentos, em esquema fatorial 3x5, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições, perfazendo 60 parcelas. Cada parcela foi constituída de oito linhas de cana-de-açúcar com 20 m de comprimento, com um espaçamento combinado de 1,50 x 0,90 m entre sulcos, visando facilitar a colheita mecanizada do experimento, a área total de cada parcela foi de 192 m², a área útil constituída por quatro linhas centrais, com 10 m cada. No plantio da cana-de-açúcar ficou estabelecido uma densidade de plantio de 15 gemas por metro linear da variedade RB92579.

Tabela 2. Composição média de uma amostra de torta de filtro obtida na Usina Sumauma, município de Marechal Deodoro.

Elemento	%
C	40
SiO ₂	7,6
N	1,4
P	1,5
K	0,3
Ca	4,0
Mg	0,4
S	1,3
Umidade	78

Fonte: Usina Sumaúma (2012)

O manejo do solo consistiu de uma gradagem para a destruição de restos culturais e subsolagem com nivelamento. A calagem foi feita de acordo com a análise do solo objetivando atingir 60% de saturação de base. Todo o N e o K foram aplicados no fundo do sulco de plantio, juntamente com as doses de P. A dose padrão de N em todos os tratamentos foi de 360 kg ha⁻¹, na forma de sulfato de amônio e a de K₂O, 290 kg ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio.

A variedade RB92579 foi plantada no dia 31 de janeiro de 2012 e colhida em 31 de Janeiro de 2013. O material vegetal foi coletado na área útil da parcela, amostrando-se ao acaso 10 plantas de cada uma das 4 linhas centrais, totalizando 30 plantas por parcela.

Índices tecnológicos:

Ao final do ciclo (365 dias), foi feito a pesagem do material vegetal coletado na área útil da parcela para se obter os resultados de produção agrícola, a partir das quais foram estimados em toneladas de cana por hectare (TCH) e TPH (toneladas de açúcar provável por hectare), multiplicando-se o TCH pela porcentagem de sacarose aparente corrigida (PCC). Retirou-se aleatoriamente dentro de cada parcela, amostra de 10 plantas para caracterização da qualidade tecnológica. Nesta amostra foram determinados os dados de Brix (%), Pol da cana corrigido (PCC %), fibra industrial (Fibra %), pureza (Pureza %), açúcares totais recuperáveis (ATR), açúcares redutores (AR) no Laboratório Agroindustrial da Usina Sumaúma, de acordo com a metodologia proposta por Fernandes (2003).

Margem de contribuição Agrícola (MCA)

Para o cálculo da margem de contribuição agrícola, foi considerado o valor básico de ATR, para o mês de fevereiro de 2014 (R\$ 0,516). Os custos de CCT (corte, carregamento e

transporte) foram obtidos da própria Usina, sendo considerado um valor médio de R\$ 20,00 t⁻¹ cana. A margem de contribuição agrícola (MCA), foi calculada através das diferenças entre a receita obtida com a matéria-prima entregue na indústria e os custos do CCT e custos de adubação (Fernandes, 2003). Para os custos com adubação mineral, foi considerado o valor de R\$ 4,33 kg⁻¹ de supersimples, R\$ 3,33 kg⁻¹ de supertriplo e R\$ 12,50 t⁻¹ torta de filtro.

Foi feita a análise de variância e teste de Scott-knott a 5% de probabilidade de erro para as variáveis das médias das diferentes fosfatagens em área total com o auxílio do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) para DOS e FCALC para Windows.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável TCH em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 3. Ocorreu diferença tanto para as diferentes adubações em área total (AAT), como para as diferentes doses aplicadas no sulco de plantio. Não ocorreu diferença para a interação entre estes.

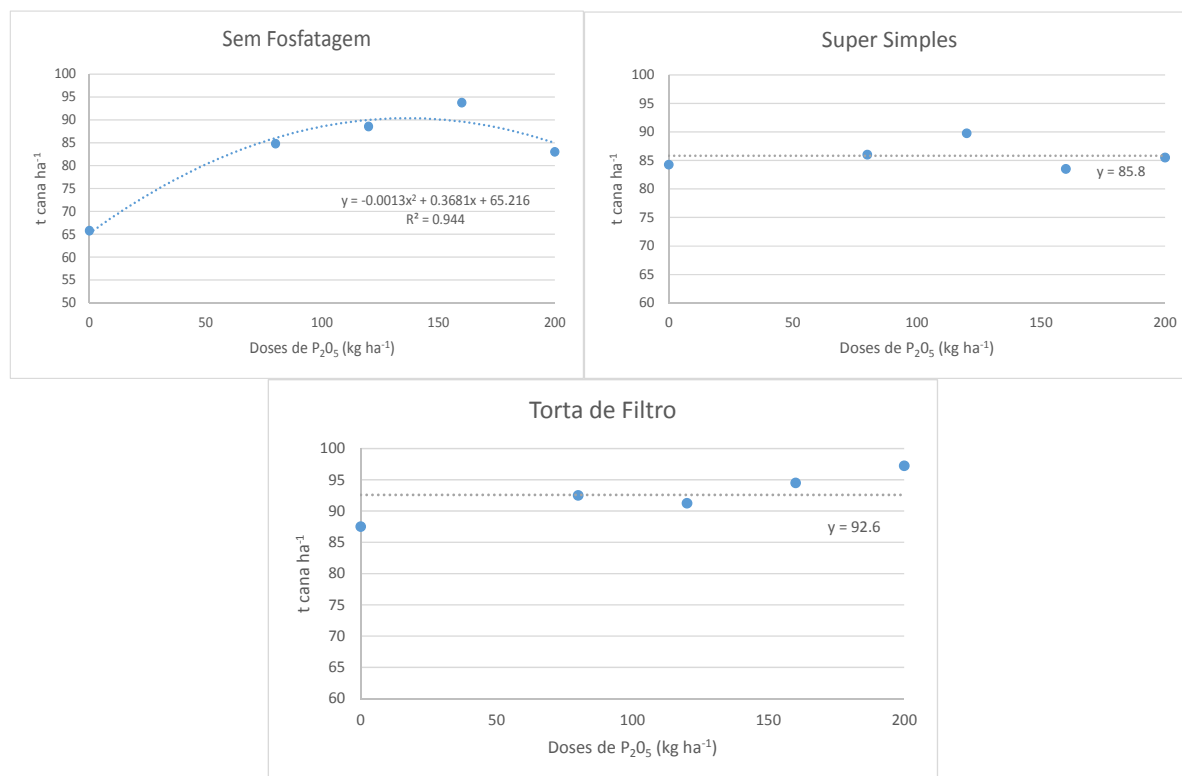
Tabela 3. Análise de variância dos valores médios da variável TCH em função de diferentes fontes e doses de P

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	65,75	84,75	88,50	93,75	83,00	83,15A
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	84,25	86,00	89,75	83,50	85,50	85,80B
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	87,50	92,50	91,25	94,50	97,25	92,60B
Média	79,17	87,75	89,83	90,58	88,58	
FV	GL	QM				
Blocos	03	165,7833**				
AAT	02	475,2167**				
Doses	04	255,3917**				
AAT x Doses	08	133,7167ns				
Resíduo	42	65,1301				
CV (%)	9,3					
Média	87,18					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

No tocante as diferentes AAT, os tratamentos com SS e torta de filtro mostraram-se superiores aos tratamentos sem aplicação de adubo em área total, com valores de 85,8, 92,6 e 83,15 t ha⁻¹ de cana, respectivamente.

Figura 2. TCH em função das diferentes formas e doses de P no fundo do sulco



Foi feita a análise de regressão para a adubação em área total nas diferentes doses no sulco de plantio (Figura 2). As diferentes doses de supertriplo no sulco de plantio, tanto para a adubação com supersimples em área total como para a adubação com torta de filtro em área total não influenciaram no rendimento agrícola. Para o tratamento sem P em AAT, a dose máxima foi de 136 kg ha⁻¹ com valor máximo de TCH de 90 t h⁻¹ de cana, sendo a regressão quadrática a que teve o melhor ajuste. Para o tratamento com supersimples, não ocorreram diferenças entre as médias das doses, logo a dose máxima foi considerada 0 kg ha⁻¹ com valor máximo de TCH de 86 t h⁻¹ de cana e para a torta de filtro, um comportamento similar, sem a ocorrência de diferenças entre as médias, sendo assim, a dose máxima considerada foi de 0 kg ha⁻¹ com um TCH médio de 93 t h⁻¹ de cana (Figura 2). A torta de filtro se mostrou superior aos demais tratamentos avaliados.

Santos (2009) ao avaliar o efeito de diferentes formas de fósforo na variedade de cana-de-açúcar RB75126 em área de tabuleiros costeiros de Coruripe-AL, verificou que ocorreu diferença significativa com relação a produtividade que variou de 71 t ha⁻¹ na testemunha a 91 t ha⁻¹ para os tratamentos com supertriplo. Korndörfer (2009), usando uma dose 100 kg ha⁻¹ garantiu uma produtividade de 143 t ha⁻¹. Caione et al (2011) analisando formas de aplicação e doses de P em cana-de-açúcar, concluíram que as formas de aplicação de P proporcionaram produtividades semelhantes, sendo nesse caso, a aplicação no sulco de plantio mais viável,

por ser menos onerosa e as associações de doses elevadas de P em área total com doses elevadas no sulco de plantio não proporcionaram respostas expressivas de produtividade.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável Brix em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 4. Não ocorreu diferença para as diferentes AAT, diferentes doses no sulco de plantio e nem para a interação entre estes.

Tabela 4. Análise de variância dos valores médios da variável % Brix em função de diferentes fontes e doses de P

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	23,36	23,49	23,31	23,52	23,28	23,39
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	23,37	22,70	23,56	23,25	23,50	23,28
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	23,57	22,91	23,38	23,61	22,92	23,28
Média	23,43	23,04	23,42	23,46	23,23	
FV	GL	QM				
Blocos	03	2,7887ns				
AAT	02	0,1757ns				
Doses	04	1,5571ns				
AAT x Doses	08	2,3948ns				
Resíduo	42	10,9524				
CV (%)		2,2				
Média		23,32				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Pode-se observar que mesmo sem diferença encontrada entre as diferentes formas e doses de P, o valor médio foi de 23%. Tomaz (2009), ao avaliar o efeito de diferentes fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na variedade de cana-de-açúcar SP 89-1115 em Junqueirópolis-SP, não constatou efeito significativo das diferentes formas de aplicação, fontes e doses para as características tecnológicas em geral. Simões Neto (2012) não encontrou diferença de Brix para diferentes doses de P. Korndörfer e Melo (2009), avaliando o efeito de diferentes formas de P em características agrícolas e tecnológicos da variedade de cana-de-açúcar SP71-1406, não encontraram diferença significativa para as diferentes doses de P nas características da cana-de-açúcar.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável % de pol do caldo em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 5. Não ocorreu diferença para as diferentes AAT, diferentes doses no sulco de plantio e nem para a interação entre estes, com um valor médio de 19,77%.

Tabela 5. Análise de variância dos valores médios da variável % de Pol do Caldo em função de diferentes fontes e doses de P

		Doses de P (sulco)					
Adubação em área total (AAT)		0	80	120	160	200	Média
Sem adubação		20,06	19,55	19,91	20,18	19,54	19,85
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹		19,19	19,46	20,23	19,25	19,81	19,59
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹		20,47	19,57	19,98	19,93	19,43	19,88
Média		19,90	19,52	20,04	19,78	19,60	
FV	GL	QM					
Blocos	03	6,4850**					
Fosfatagem	02	1,0135ns					
Doses	04	2,1588ns					
Fosfatagem x Doses	08	4,8296ns					
Resíduo	42	19,9422					
CV (%)		3,5					
Média		19,77					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. Os valores nas colunas sem acompanhamento de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Korndorfer e Mello (2009) não encontraram efeitos significativos para o Pol do Caldo ao avaliarem o efeito de diferentes fontes de fósforo flúidas e sólidas nas características agroindustriais da variedade SP71-1406 em um solo podzólico de Pirassununga-SP, obtendo valores médios de 17,5%, inferiores a este trabalho. Isto pode ter ocorrido devido à variedade utilizada ter boas características tecnológicas (SILVA et al, 2011).

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável % de fibra em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 6. Ocorreu diferença apenas para as diferentes doses de P no sulco de plantio, com um valor médio de 13,7%.

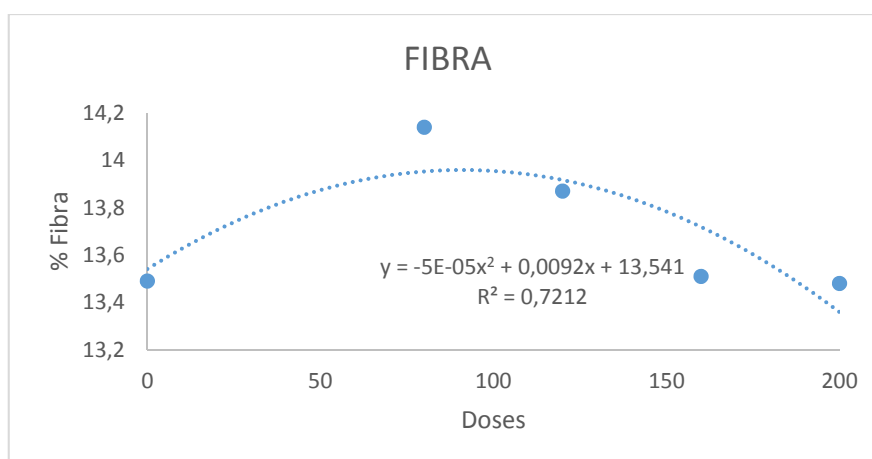
Tabela 6. Análise de variância dos valores médios da variável % de Fibra em função de diferentes fontes e doses de P

		Doses de P (sulco)					
Adubação em área total (AAT)		0	80	120	160	200	Média
Sem adubação		13,84	13,91	14,27	13,69	13,33	13,81
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹		13,29	14,32	13,39	13,44	13,56	13,60
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹		13,36	14,18	13,96	13,40	13,54	13,69
Média		13,49	14,14	13,87	13,51	13,48	
FV	GL	QM					
Blocos	03	2,7698ns					
Blocos	02	0,4339ns					
AAT	04	4,1323*					
Doses	08	2,5736ns					
AAT x Doses	42	14,1076					
CV (%)		4,2					
Média		13,7					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Pode-se observar que para a fibra, a dose máxima encontrada foi de 90 kg ha⁻¹, com um valor de fibra 14% (Figura 3).

Figura 3. % de Fibra na cana em função de diferentes doses de P no sulco de plantio



Atualmente busca-se a produção de uma matéria prima com elevada riqueza em sacarose e de médio a baixo teor de fibra, que possibilite também produzir energia, dada a sobra de bagaço após a industrialização da cana-de-açúcar (Agrianual, 2009). Os valores de fibra estão com um valor médio de 13,7%, valores recomendados por Ripoli e Ripoli (2004), Franco (2003) e similares aos valores encontrados por Fernandes (2003), que foram entre 13-14%. Simões Neto (2012) não encontrou diferença significativa de fibra para diferentes doses de P. Rodrigues (2013) encontrou diferença significativa para a fibra, onde o tratamento sem

aplicação de fósforo apresentou o maior valor percentual com 13,57% e a dose 100 kg ha⁻¹, apresentou o menor valor percentual 12,83%.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável % de pureza em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 7. Não ocorreu diferença para as diferentes AAT, diferentes doses no sulco de plantio e nem para a interação entre estes.

Tabela 7. Análise de variância dos valores médios da variável % de Pureza em função de diferentes fontes e doses de P

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	85,83	83,21	85,40	85,78	83,91	84,82
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	82,07	85,68	85,83	82,81	84,23	84,12
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	86,83	85,32	85,41	84,40	84,80	85,35
Média	84,91	84,74	85,55	84,33	84,31	
FV	GL	QM				
Blocos	03	38,6520ns				
AAT	02	15,1774ns				
Doses	04	12,3326ns				
AAT x Doses	08	69,2515ns				
Resíduo	42	225,8035				
CV (%)		2,7				
Média		84,77				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se que a pureza, mesmo sem a ocorrência de diferença entre as fontes e doses de P, ficou com valor médio de 84,7%, o valor aceitável recomendado por Ripoli e Ripoli, (2004) e superiores a 75%, pois abaixo deste, carregamentos são rejeitados (COSECANA, 2006). Simões Neto et al. (2012) não encontraram diferenças significativas para a pureza do caldo da cana ao avaliar o efeito da adubação fosfatada em diferentes solos da região de Pernambuco, obtendo valores médios de 85% de pureza.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável % PC (pol da cana) em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 8. Não ocorreu diferença para as diferentes AAT, diferentes doses no sulco de plantio e nem para a interação entre estes.

Tabela 8. Análise de variância dos valores médios da variável % PC (Pol da Cana) em função de diferentes fontes e doses de P

		Doses de P (sulco)					
Adubação em área total (AAT)		0	80	120	160	200	Média
Sem adubação		16,44	16,02	16,20	16,59	16,16	16,28
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹		15,88	15,82	16,72	15,89	16,32	16,13
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹		16,93	15,94	16,34	16,46	16,02	16,34
Média		16,42	15,93	16,42	16,31	16,17	
FV	GL	QM					
Blocos	03	3,2512ns					
AAT	02	0,4938ns					
Doses	04	2,0872ns					
AAT x Doses	08	3,6553ns					
Resíduo	42	17,1965					
CV (%)		3,9					
Média		16,25					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Mesmo sem a ocorrência de diferença, os valores de PC obtiveram uma média de 16%, aliado a pureza que ficou em torno de 85%, ocasionando uma cana-de-açúcar considerada rica em massa de sacarose aparente (DELGADO E CÉSAR, 1977). Contudo, estes foram maiores aos obtido por Moura (2010) ao avaliar o efeito da torta de filtro nas características tecnológicas de diferentes variedades de cana-de-açúcar no município de Penedo, que obteve uma média de 13,29% e também maiores que os valores encontrados por Simões Neto et al (2012) e Rodrigues (2013), com valores de 14,3% e 16%, respectivamente, provavelmente devido ao fato da variedade utilizada ter boas características tecnológicas (SILVA et al, 2011).

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável kg t⁻¹ ATR em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 9. Não ocorreu diferença para as diferentes AAT, diferentes doses no sulco de plantio e nem para a interação entre estes, com valor médio de 159 kg t⁻¹.

Tabela 9. Análise de variância dos valores médios da variável ATR (kg t⁻¹ de cana) em função de diferentes fontes e doses de P

		Doses de P (sulco)					
Adubação em área total (AAT)		0	80	120	160	200	Média
Sem adubação		160,47	157,02	158,27	161,90	158,35	159,20
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹		156,12	154,59	163,11	155,97	159,71	158,00
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹		164,90	155,89	159,59	161,03	156,77	159,63
Média		160,49	155,83	160,32	159,63	158,28	
FV	GL	QM					
Blocos	03	248,7200ns					
AAT	02	32,7037ns					
Doses	04	178,6415ns					
AAT x Doses	08	282,9732ns					
Resíduo	42	1369,462					
CV (%)		3,6					
Média		158,91					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

Korndörfer & Melo (2009), avaliando o efeito de diferentes formas de P em características agroindústrias da variedade de cana-de-açúcar SP71-1406, verificaram que os adubos fosfatados aplicados ao solo não tiveram correlação ao ATR. Simões Neto et al. (2012) não encontraram diferenças significativas para o ATR ao avaliar o efeito da adubação fosfatada em diferentes solos da região de Pernambuco, obtendo valores de ATR de 137,7 kg t⁻¹ de cana. Rodrigues (2013) encontrou um ATR máximo estimado de ATR de 161,66 kg t⁻¹ de cana para uma dose de 115 kg ha⁻¹ de P₂O₅, mas não encontrou diferença para o fósforo aplicado em área total.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável tonelada por hectare de Pol em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 10. Ocorreu diferença tanto para as diferentes adubações em área total (AAT), para as diferentes doses aplicadas no sulco de plantio como para a interação entre estes.

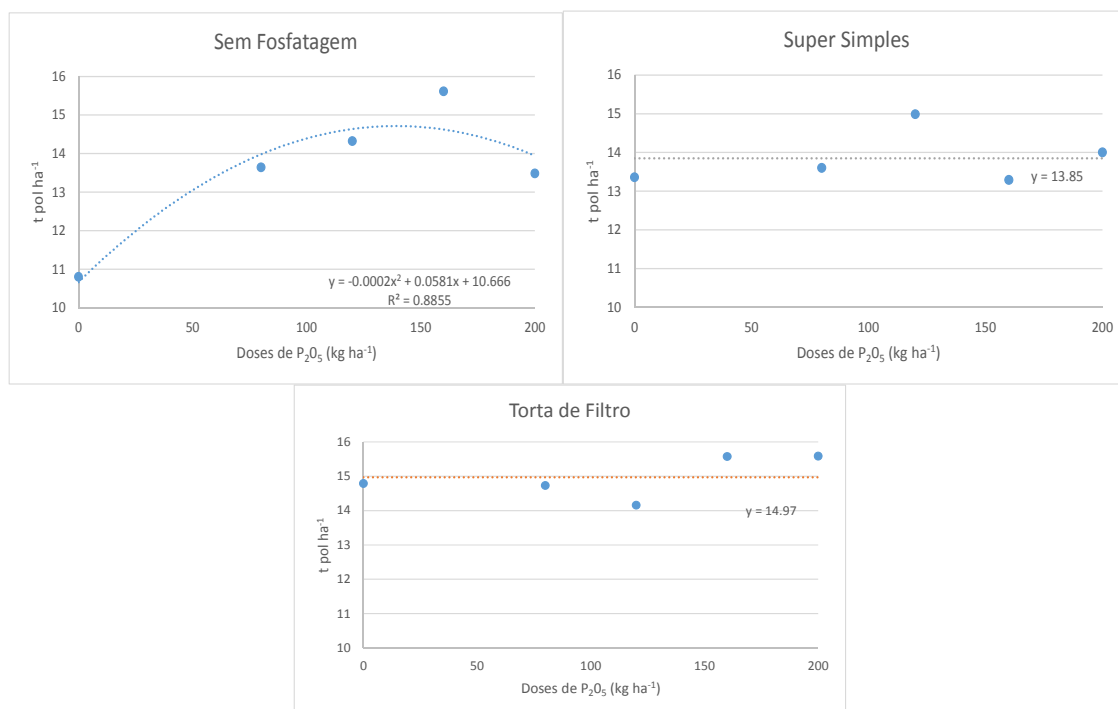
Tabela 10. Análise de variância dos valores médios da variável tonelada de pol por hectare (TPH) em função de de diferentes fontes e doses de P

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	10,80B	13,64A	14,32A	15,61A	13,48A	13,57
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	13,36A	13,60A	14,99A	13,29B	14,00A	13,85
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	14,79A	14,73A	14,16A	15,58A	15,59A	14,97
Média	12,98	13,99	14,49	14,82	14,36	
FV	GL	QM				
Blocos	03	2,0438ns				
AAT	02	21,9520*				
Doses	04	24,0689*				
AAT x Doses	08	39,2827*				
Resíduo	42	93,6725				
CV (%)		10,6				
Média		14,13				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

No tocante as diferentes doses no sulco de plantio para a tonelada de pol por hectare, verifica-se diferença para a dose 0, onde a testemunha teve o pior desempenho comparado aos outros tratamentos (10,8 toneladas comparado a 13,36 e 14,79 para supersimples e torta de filtro, respectivamente). Também ocorreu diferença para a dose de 160 kg ha⁻¹, onde o tratamento de supersimples diferiu das demais, com o menor valor de TPH (13,29 comparado a 15,51 e 15,58 para a testemunha e torta de filtro, respectivamente).

Figura 4. TPH na cana em função de diferentes fontes e doses de P



Foi feita a análise de regressão para a adubação em área total nas diferentes doses no sulco de plantio (Figura 4). As diferentes doses de supertriplo no sulco de plantio, tanto para a adubação com supersimples em área total como para a adubação com torta de filtro em área total não influenciaram no rendimento agrícola. Para o tratamento sem adubação, foi obtida uma regressão quadrática onde a dose máxima foi de 140 kg ha^{-1} com valor máximo de TPH de $14,8 \text{ t ha}^{-1}$. Para o tratamento com supersimples, não ocorreram diferenças entre as médias, logo a dose máxima foi de 0 kg ha^{-1} com valor de TPH de 14 t ha^{-1} . Para a torta de filtro, não ocorreram diferenças entre as médias, sendo assim, a dose máxima considerada foi de 0 kg ha^{-1} com um TPH de 15 t ha^{-1} (Figura 4). A torta de filtro se mostrou superior aos demais tratamentos avaliados.

Diversos trabalhos têm evidenciado o efeito positivo da aplicação da torta de filtro no aumento da produção de colmos (Moura Filho et al., 2007; Fravet et al., 2010; Santos et al., 2011). O TPH por ser uma variável obtida a partir dos valores de TCH e PC, foi influenciada pelas condições ambientais durante o período experimental, com uma baixa precipitação pluvial, influenciando no TCH, refletindo diretamente sobre a diminuição do TPH. Simões Neto et al (2012) estudando características agroindustriais da cana-de-açúcar, em função da adubação fosfatada verificou que os maiores incrementos de TCH e TPH ocorreram com as menores doses de P, mostrando a limitação dos solos pela deficiência ou baixa disponibilidade deste, independentemente de suas características químicas, físicas ou

mineralógicas. Rosetto et al (2008) encontraram maiores produtividades de cana-de-açúcar com o P aplicado em área total, visto que o P distribuído em área total estimula uma maior expansão das raízes superficiais na área, aumentando o volume explorado do solo pela planta, corroborando com os dados desse trabalho. Roseto et al (2006), ao aplicar uma dose de 120 kg ha⁻¹ de super triplo em diferentes formas, encontrou uma maior produtividade em área total quando comparado ao supertriplo aplicado no fundo do sulco.

Os dados de análise de variância dos valores médios da variável tonelada por hectare de MCA em função de diferentes fontes e doses de P se encontram na Tabela 11. Ocorreu diferença apenas para as diferentes adubações em área total (AAT).

Tabela 11. Análise de variância dos valores médios da variável Margem de Contribuição agrícola (MCA – R\$ ha⁻¹) em função de diferentes fontes e doses de P

Adubação em área total (AAT)	Doses de P (sulco)					Média
	0	80	120	160	200	
Sem adubação	4122,61	4924,62	5040,61	5440,28	4476,90	4801,03A
AAT – SS – 120 kg ha ⁻¹	4564,07	4344,52	4829,60	4002,19	4165,81	4381,24B
AAT – torta de filtro – 40 t ha ⁻¹	5177,64	4806,36	4790,38	4929,75	4754,99	4891,82A
Média	4621,44	4691,84	4886,86	4790,74	4465,898	
FV	GL	QM				
Blocos	03	72783,66ns				
AAT	02	1483817,00*				
Doses	04	311464,3ns				
AAT x Doses	08	640256,9ns				
Resíduo	42	321448,70				
CV (%)	12,1					
Média	4691,4					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5%. A ausência de letras significa que não houve efeitos significativos entre os mesmos. * e ** significativos a 5 e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. ns-não significativos até 5% de probabilidade, pelo teste F.

No tocante a margem de contribuição agrícola, os tratamentos sem aplicação de adubo em área total e o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total foram superiores ao tratamento com supersimples, com valores de 4801,03; 4891,82 e 4381,24 R\$ ha⁻¹, respectivamente. Moura (2012) ao avaliar o efeito da torta de filtro em cinco variedades de cana-de-açúcar em Penedo encontrou um valor de R\$ 3751 ha⁻¹ para o tratamento com torta de filtro, valor este inferior ao encontrado neste trabalho com uma média de R\$ 4891 ha⁻¹ para o tratamento com aplicação de torta de filtro em área total. Nesse caso, recomenda-se a aplicação de torta de filtro em área total, pois está além de fornecer fósforo, ocasiona a melhoria de diversas qualidades do solo.

CONCLUSÕES

As doses crescentes de P no sulco de plantio aumentaram a % de fibra.

As diferentes fontes e doses de fósforo aumentaram o rendimento agrícola e industrial.

Para um cultivo sem adubação em área total, recomenda-se uma dose de 136 kg ha para a obtenção de maior TCH e TPH, respectivamente. Para um cultivo com adubação em área total sem o uso de P no sulco de plantio, recomenda-se o uso da torta de filtro, por ser menos onerosa.

Tanto o tratamento sem adubação em área total e para aqueles com a aplicação de torta de filtro em área total propiciaram o aumento do MCA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 2009: **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009.
- BOKHTIAR, S.M.; SAKURAI, K. Effect of application of inorganic and organic fertilizers on growth, yield and quality of sugar cane. **Sugar Tech**. v.7, p.33-37, 2005.
- CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de- Açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho-amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.9, n.1, p.1- 11, 2011
- CHAUTAN, N. et al. Effect of biocompost application on sugarcane crop. **Sugar Tech**. v.10, n.2, p.174-176, 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Primeiro levantamento de cana-de-açúcar – Abril 2013. Disponível em: <www.conab.gov.br >. Acessado em: 1 de Maio de 2013.
- CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: Edição Consecana, 2006. 116p. 2
- DELGADO, A. A.; CESAR, M. A. A. **Elementos da tecnologia e engenharia de açúcar de cana**. Departamento de Tecnologia Rural – ESAL, Piracicaba, SP, 1977, 363 p.
- FERNANDES, A.J. **Manual da cana-de-açúcar**. Livrocere, São Paulo. 2 ed. 196p. 1990.
- FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2003. 240 p.
- FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. 2003, 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- FRAVET, P. R. F. et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrotécnica**, v.34, n.3, p.618-624, 2010.
- KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Eds.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.
- KORNDÖRFER, G. H. , MELO, S. P. DE. 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, jan./fev., 2009.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319 p.

MAHADEVAIAH, M. S. et al. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MOURA FILHO, G. et al. Crescimento e produção de cana-de-açúcar em função da adubação mineral e torta de filtro, na região de Penedo-Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., Aracaju, 2007. **Anais...** Aracaju: SBAG, 2007. CD.

MOURA, A. B. **Características tecnológicas e margem de contribuição agrícola em variedades de cana-de-açúcar com aplicação de adubação orgânica e mineral**. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2013.

NARDIN, R.R. **Torta-de-filtro aplicadas em argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Campinas: IAC, 2007. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agronômico de Campinas.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente**. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004. 302 p.

RODRIGUES, W. A. R. **Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar influenciada pela forma de aplicação e doses de fósforo**. 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2013

ROSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 221-238

ROSETTO R.; et al. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008, p. 271-288

SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.389-396, 2009.

SANTOS, D. H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

SIMÕES NETO, D.E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <
<http://ufrpe.br/pgs/portal/files/teses/2008/Djalma%20Euzebio%20Simoes%20Neto.pdf>>. Acesso em: 2012-08-09.

SIMÕES NETO, D. E.; et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

SIMÕES NETO, D. E.; et al. . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.4, p.347–354, 2012

TOMAZ, Halan Vieira de Queiroz. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-093150/>>. Acesso em: 2012-08-09.

GLOSSÁRIO

- AR** Açúcares Redutores. Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida no caldo da cana-de-açúcar.
- ARC** Açúcares Redutores da Cana. Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida na cana-de-açúcar.
- ART** Açúcares Redutores Totais.
- ATR** Açúcares Totais Recuperáveis. Medida pelo PC, PI (perda industrial média dos açúcares) e AR. Quantidade de açúcares totais contidos na cana, constituídos principalmente por sacarose e açúcares redutores (glicose e frutose) reduzidos em 11%, que é a perda média admitida no processo industrial.
- BRIX** Sólidos solúveis (açúcares e não-açúcares), isto é, pol do caldo mais açúcares redutores.
- CCT** Custos de Corte, Carregamento e Transporte.
- Fibra** A fibra da cana. Toda matéria seca insolúvel em água.
- MCA** Margem de Contribuição Agrícola. Diferença entre a receita obtida com a matéria-prima entregue na indústria e os custos do CCT e custos de adubação (Fernandes, 2003)
- PC** Pol da Cana (%). Percentagem em massa de sacarose aparente da cana. Calculada com os valores de $PC = Pol\ do\ caldo \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o fator de correção.
- POL** Pol do Caldo (%). Determina a percentagem em massa de sacarose aparente contida no caldo de cana.
- Pureza** A pureza do caldo (%). Relação entre a pol do caldo e o brix
- TATRH** Tonelada de Açúcares Totais Recuperáveis por Hectare.
- TCH** Tonelada de Cana por Hectare.
- TPH** Tonelada de Pol por Hectare. Tonelada de açúcar provável por hectare.
- VTC** Valor da Tonelada de Cana.

ANEXOS

Tabela 1A. Resumo das principais características tecnológicas da cana-de-açúcar

Variável	Significado	Conceito	Observação
Açúcares	Sólidos solúveis	Sacarose: 14,5 a 22%; Glicose: 0,5 a 1,1% e Frutose: 0,0 a 0,7%	Cana: Fibra (8 – 14%)+caldo (86 a 92%). Caldo: Água (75–82%)+Sólidos (18–25%). Sólidos solúveis (açúcares e não-açúcares).
ARC	Açúcares redutores da cana (%)	Determina a quantidade conjunta de frutose e glicose contida na cana-de-açúcar.	$ARC = AR \text{ do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o coeficiente de transformação da pol e AR do caldo extraído em pol e AR do caldo absoluto. $C = 1,0313 - 0,00575 \times F$.
ATR	Açúcar total recuperável	Medida pelo PC, PI (perda industrial média dos açúcares) e AR. Quantidade de açúcares totais contidos na cana, constituídos principalmente por sacarose e açúcares redutores (glicose e frutose) reduzidos em 11%, que é a perda média admitida no processo industrial.	kg/t cana. ATR padrão: 138,62 kg de ATR por tonelada de cana.
PC	A pol da cana (%)	Porcentagem em massa de sacarose aparente da cana. Calculada com os valores de $PC = \text{Pol do caldo} \times (1 - 0,01 \times F) \times C$. C é o fator de correção.	Delgado e César (1977) – Ricas: $PC > 14,0\%$ e $PZA > 85\%$; Médias: PC de 12,5 a 14% e $PZA > 82\%$; Pobres: $PC < 12,5\%$ e $PZA < 82\%$.
Pol	A pol do caldo (%)	Determina a percentagem em massa de sacarose aparente contida no caldo de cana	Pol = polarização da luz. Concentração de açúcar através de um polarímetro.
Pureza	A pureza do caldo (%)	Relação entre a pol do caldo e o brix	Indicativo do estágio de maturação da cana. Ideal acima de 85%.
TCH	Tonelada de cana por hectare	Tonelada de cana por hectare (t/ha).	
TPH	Tonelada de pol por hectare	Tonelada de açúcar provável por hectare.	$TPH = TCH \times PC/100$
TATR	Tonelada de ATR por hectare (t/ha)	Tonelada de ATR por hectare	$TATR = TCH \times ATR/1000$
VATR	Valor do ATR (R\$/t cana)	Usado para pagamento de cana.	$VATR = 0.4015 \text{ (R\$/t cana)}$
VTC	Valor da tonelada da cana (R\$/t cana)	Valor da tonelada da cana pelo sistema ATR	$VTC = VATR \times ATR$
CCT	Custo de carregamento e transporte (R\$/t cana)	Usado para dedução das despesas com o custo e transporte da cana do campo para a indústria.	$CCT = 15,80 \text{ (R\$/t cana)}$
MCA	Margem de contribuição agrícola (R\$/ha).	É da diferença entre a receita obtida com a matéria-prima entre na indústria e os custos variáveis do CCT, e tratos culturais. Indicado para estudo comparativo de tratamento que influenciam a produtividade e a qualidade da cana.	$MCA = (VTC \times TCH) - (TCH \times CCT) - \text{Tecn}$ Tecn = Custo da tecnologia empregada (produto + transporte + aplicação).

Figura 1A. Croqui descritivo do experimento

Croquí Descritivo em Montagem de Experimento de fosfatagem
Fazenda: Flor da Ribeira Lote: 01

