



UFAL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA**



CECA

WILLIAM ANTONIO RAPÔSO RODRIGUES

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR INFLUENCIADA
PELA FORMA DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO**

**RIO LARGO-AL
2013**

WILLIAM ANTONIO RAPÔSO RODRIGUES

**CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR
INFLUENCIADA PELA FORMA DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO**

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

Orientador: Prof. Dr. Abel Washington de Albuquerque

Co-orientador: Prof. Dr. Gilson Moura Filho

RIO LARGO

2013

Catlogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

R696c Rodrigues, William Antonio Rapôso.
Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar influenciados pela forma de aplicação e doses de fósforo / William Antonio Rapôso Rodrigues. – 2013. 64 f. : il.

Orientador: Abel Washington de Albuquerque.
Co-orientador: Gilson Moura Filho.
Dissertação (Mestrado em Agronomia : Produção vegetal) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2013.

Bibliografia: f. 60-63.
Apêndice: f. 64.

1. Fosfatagem. 2. Cana-de-açúcar – Produção. 3. Fósforo – Adubação.
4. Fósforo – Nível crítico. I. Título.

CDU: 631.53.02

A Deus, pela sua presença constante na minha vida, sem que eu precise pedir.

OFEREÇO

Aos meus pais Rosevaldo e Ângela,
minha irmã Larissa,
pelo amor e compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me concedeu o dom da vida, me protegendo e dando sabedoria para cumprir mais essa conquista em minha vida;

Aos meus familiares, que em todos os momentos estiveram ao meu lado, em especial meu pai e minha mãe que com muito esforço me deu essa oportunidade de poder ter esta realização em minha vida;

Aos professores da Universidade Federal de Alagoas, que muito contribuíram para o meu crescimento acadêmico, profissional e pessoal;

Ao professor Abel Washington, pelas orientações, ensinamentos, conselhos e paciência neste curso de pós graduação;

Ao prof. Gilson Moura Filho, que com muita paciência e sabedoria, me orientou em minha vida acadêmica, com seus conselhos, sua alegria na realização dos trabalhos;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

A Heringer, pela parceria e doação dos fertilizantes, para elaboração do projeto;

A Usina Paisa, pelo apoio e oportunidade de desenvolver este trabalho, nas pessoas de Rômulo Cota, Edivaldo, Walter, Gerson Carlos, Lino e todos os funcionários que ajudaram no desenvolvimento da pesquisa em campo;

Aos companheiros e amigos de laboratório, Dr^a. Leila, Adriano Moura, Manoel Oliveira, Lucas Lopes pelo ótimo convívio e cooperação mútua nas realizações dos trabalhos da equipe e as estagiárias alunas do IFAL-Satuba Jasmynne Guedes e Nielba Juliana pela ajuda nas análises de solo e foliar;

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em especial Rinaldo Soares, Geraldo de Lima e Marcos pela disposição em ajudar;

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos transmitidos ao longo do curso, em especial Prof. Dr. José Vieira, Prof. Dr^a. Vilma Marques;

Ao meu amigo Antony Moura, pela ajuda e companheirismo na elaboração do projeto no campo;

Aos grandes amigos de Pós-Graduação, Benigno França, Tatiana Salvador, Maria Inajal, Djison Silvestre, Renato Araújo, Lucas Medeiros, Letice Souza, José Jadilson, Polyana Cavalcante, pela luta, companheirismo e alegria nas aulas;

A minha namorada Gabryela, que sempre está ao meu lado, sempre com muito carinho, me dando forças para vencer;

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram, mas não citei, a minha eterna gratidão.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o crescimento e a produtividade agrícola da cana-de-açúcar RB92579, submetida a diferentes doses e formas de aplicação de fósforo, conduziu-se um experimento de campo, com 15 tratamentos com cinco doses de superfosfato triplo (PST) (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no fundo do sulco e três doses de fosfato reativo de Bayovar (FRB) (0, 100 e 200 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em área total do plantio, totalizando 60 parcelas. O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso dispostos em um arranjo fatorial com 4 repetições. O experimento foi realizado na fazenda Marituba, pertencente à Usina Paise, no município de Penedo-Al. Foram avaliados: População de perfilho, altura de planta, diâmetro do colmo, índice de área foliar, concentrações foliares de fósforo no tecido foliar, níveis disponíveis de fósforo no solo e o rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar. A dose 200 kg ha⁻¹ de FRB em relação às doses de superfosfato triplo, obteve maior produção máxima, com 67,3 t ha⁻¹ com um nível crítico de 88,1 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,2m. Para a camada de 0,2 – 0,4 m para se ter a produção máxima, o valor do nível crítico foi de 33,28 mg dm⁻³. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo em área total com a fonte fosfato natural reativo de Bayovar. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo no fundo do sulco com a fonte superfosfato triplo. Os valores de açúcares totais recuperáveis, Pureza, Fibra, PCC e TPH foram influenciados pela aplicação de fósforo no fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo. O fosfato natural reativo de Bayovar proporcionou um aumento significativo no resultado final de TPH. A utilização do fosfato reativo de Bayovar com o superfosfato triplo aumentou a produção de cana-de-açúcar até determinada dose máxima.

Palavras-chave: Fosfatagem. Nível crítico. Produção Agrícola.

ABSTRACT

Aiming to evaluate the growth and yield of sugar cane RB92579 in different doses and forms of phosphorus application, we conducted a field experiment with 15 treatments with five triple superphosphate (PST) (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied at the bottom of the furrow and three doses of reactive rock phosphate Bayvoar (FRB) (0, 100 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied to the total area of planting, totaling 60 plots. The experimental design was a randomized block with four replications. The experiment was conducted at the Marituba farm, belonging to the Paisa Plant, in the Penedo city-AL. Were evaluated: Population tiller, plant height, stem diameter, leaf area, leaf concentrations of P in leaf tissue, levels of available phosphorus in the soil and agricultural and industrial yield of sugar cane. The rate of 200 kg ha⁻¹ of FRB regarding triple superphosphate, increased the production maximum, with 67.3 t ha⁻¹ with a critical level of 88.1 mg dm⁻³ layer 0-0,2 m. For the 0,2-0,4 m layer to have the maximum output, the value of critical level was 33.28 mg dm⁻³. The phosphorus content increased as foliar applied phosphorus in total area with the source of phosphate rock Bayvoar. The phosphorus content increased as foliar applied in the bottom of the groove match with the source superphosphate. The values of total recoverable sugars, Purity, Fiber, PCC and TPH were influenced by phosphorus application at the bottom of the groove through the source triple superphosphate. The phosphate rock from Bayvoar provided a significant increase in the final outcome of TPH. The use of reactive phosphate Bayvoar with triple superphosphate, increased the production of sugar cane to certain maximum level.

Key words: Phosphatin. Critical Level. Agricultural Production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Balanço hídrico e temperatura média decencial para o período de implantação a colheita do experimento, Fazenda Marituba, Usina Paisa, Penedo, AL.....	34
Figura 2	Avaliação de crescimento da cana-de-açúcar, Usina Paisa, Penedo, Al.....	36
Figura 3	População de plantas aos 30 dias após o plantio, em relação a interação FRB x ST.....	41
Figura 4	Diâmetro médio aos 90 dias após o plantio, em relação a interação significativa FRB x ST.....	44
Figura 5	Pureza do caldo, em relação as doses aplicadas em fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo.....	47
Figura 6	Fibra(%) da cana-de-açúcar, em relação as doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco de plantio.....	48
Figura 7	Pol da cana corrigida (PCC), em relação as doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco de plantio.....	49
Figura 8	Comportamento dos açúcares totais recuperáveis (ATR), em relação as doses aplicadas em fundo de sulco, através da fonte superfosfato triplo.....	50
Figura 9	Produtividade agrícola da cana-de-açúcar, em relação a interação significativa entre a fonte FRB x ST.....	52
Figura 10	Valor de TPH, em relação as doses aplicadas em fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo.....	52
Figura 11	Valor de TPH em relação a aplicação do Fosfato natural reativo de Bayovar, aplicado em área total.....	53
Figura 12	Área experimental cultivada com cana-de-açúcar, sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo na Usina Paisa, Penedo, AL.....	62
Figura 13	Balanço hídrico e temperatura média decencial para o período de implantação a colheita do experimento, Fazenda Marituba, Usina Paisa, Penedo, AL.....	63
Figura 14	Área experimental e densidade de plantio de cana-de-açúcar, Usina Paisa, Penedo, Al.....	64
Figura 15	Coleta de solo para análise química e secagem a temperatura ambiente.....	65

Figura 16	Fósforo disponível no solo na camada de 0-20 cm em relação à interação FRB x ST	67
Figura 17	Fósforo disponível no solo na camada de 20-40 cm em relação à interação FRB x ST.....	68
Figura 18	Teores de fósforo disponível no tecido foliar em relação às doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco.....	69
Figura 19	Teores de fósforo disponível no tecido foliar em relação às doses de fosfato natural reativo de Bayovar aplicadas em área total.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Caracterização química do solo da área experimental em duas profundidades, Usina Paisa, Penedo, AL, 2011.....	33
Tabela 2	Análise de variância da população de plantas (m L-1.) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar.....	40
Tabela 3	Análise de variância dos dados obtidos para a altura de plantas (cm) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar.....	42
Tabela 4	Análise de variância do diâmetro médio do colmo (mm) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar.....	43
Tabela 5	Análise de variância do índice de área foliar (m m ²) da cana-de-açúcar sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.....	45
Tabela 6	Valores médios dos índices Tecnológicos [Brix e Pureza] da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.....	46
Tabela 7	Valores médios dos Índices Tecnológicos [Fibra, Pol da cana corrigida (PCC) e ATR] da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.....	47
Tabela 8	Produtividade Agrícola e Produtividade Industrial da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.....	51
Tabela 9	- Caracterização química do solo da área experimental em duas profundidades, Usina Paisa, Penedo, AL, 2011.....	62
Tabela 10	Análise de variância dos teores de fósforo disponível no solo e no tecido foliar na cultura da cana-de-açúcar sob doses e formas de aplicação de fósforo.....	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Sacarose: Pol do caldo extraído (%).....	36
Equação 2	Leitura sacarímetra corrigida.....	37
Equação 3	Pol da cana corrigida (%).....	37
Equação 4	Fibra industrial da cana.....	37
Equação 5	Pureza do caldo extraído.....	37
Equação 6	Açúcar teórico recuperável da cana (ATR).....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
1.2	Revisão de literatura	19
1.2.1	Aspectos gerais da cultura da cana-de-açúcar	19
1.2.2	O fósforo	20
1.2.3	Fontes de fósforo	21
1.2.4	Adubação fosfatada em cana-de-açúcar	23
1.3	Referências Bibliográficas	25
2	PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR, SOB DIFERENTES DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO	29
	RESUMO	29
	ABSTRACT	30
2.1	Introdução	31
2.2	Material e Métodos	33
2.2.1	Caracterização do ambiente experimental	33
2.2.2	Delineamento experimental	34
2.2.3	Caracterização da variedade	34
2.2.4	Avaliações de crescimento	35
2.2.5	Características tecnológicas	36
2.3	Resultados e Discussão	39
2.3.1	População de perfilhos	39
2.3.2	Altura de plantas	41
2.3.3	Diâmetro do colmo	42
2.3.4	Índice de área foliar	44
2.3.5	Índices tecnológicos	45
2.4	Conclusões	54
2.5	Referências Bibliográficas	55
3	TEORES DE FÓSFORO NO SOLO E FOLHA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR SOB DOSES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO	58

	RESUMO	58
	ABSTRACT	59
3.1	Introdução	60
3.2	Material e Métodos	62
3.2.1	Caracterização do ambiente experimental	62
3.2.2	Delineamento experimental	63
3.2.3	Caracterização da variedade	64
3.2.4	Procedimentos da análise química do solo e foliar	65
3.3	Resultados e Discussão	66
3.4	Conclusões	71
3.5	Referências Bibliográficas	72
4	REFERÊNCIAS GERAIS	75
5	APÊNDICES	82

CAPÍTULO I

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR INFLUENCIADA PELA FORMA DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO

Resumo geral: Com o objetivo de avaliar o crescimento e a produtividade agrícola da cana-de-açúcar RB92579, submetida a diferentes doses e formas de aplicação de fósforo, conduziu-se um experimento de campo, com 15 tratamentos com cinco doses de superfosfato triplo (PST) (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no fundo do sulco e três doses de fosfato reativo de Bayovar (FRB) (0, 100 e 200 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em área total do plantio, totalizando 60 parcelas. O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso dispostos em um arranjo fatorial com 4 repetições. O experimento foi realizado na fazenda Marituba, pertencente à Usina Paise, no município de Penedo-Al. Foram avaliados: População de perfilho, altura de planta, diâmetro do colmo, índice de área foliar, concentrações foliares de fósforo no tecido foliar, níveis disponíveis de fósforo no solo e o rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar. A dose 200 kg ha⁻¹ de FRB em relação às doses de superfosfato triplo, obteve maior produção máxima, com 67,3 t ha⁻¹ com um nível crítico de 88,1 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,2m. Para a camada de 0,2 – 0,4 m para se ter a produção máxima, o valor do nível crítico foi de 33,28 mg dm⁻³. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo em área total com a fonte fosfato natural reativo de Bayovar. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo no fundo do sulco com a fonte superfosfato triplo. Os valores de açúcares totais recuperáveis, Pureza, Fibra, PCC e TPH foram influenciados pela aplicação de fósforo no fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo. O fosfato natural reativo de Bayovar proporcionou um aumento significativo no resultado final de TPH. A utilização do fosfato reativo de Bayovar com o superfosfato triplo aumentou a produção de cana-de-açúcar até determinada dose máxima.

Palavras-chave: Fosfatagem, Nível crítico, Produção Agrícola

LEVEL AND FORM OF APPLICATION OF PHOSPHORUS IN PRODUCTIVITY OF SUGAR CANE

General abstract Aiming to evaluate the growth and yield of sugar cane RB92579 in different doses and forms of phosphorus application, we conducted a field experiment with 15 treatments with five triple superphosphate (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied at the bottom of the furrow and three doses of reactive rock phosphate Bayvoar (0, 100 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied to the total area of planting, totaling 60 plots. The experimental design was a randomized block with four replications. The experiment was conducted at the Marituba farm, belonging to the Paise Plant, in the Penedo city-AL. Were evaluated: Population tiller, plant height, stem diameter, leaf area, leaf concentrations of P in leaf tissue, levels of available phosphorus in the soil and agricultural and industrial yield of sugar cane. The rate of 200 kg ha⁻¹ of FRB regarding triple superphosphate, increased the production maximum, with 67.3 t ha⁻¹ with a critical level of 88.1 mg dm⁻³ layer 0-0,2 m. For the 0,2-0,4 m layer to have the maximum output, the value of critical level was 33.28 mg dm⁻³. The phosphorus content increased as foliar applied phosphorus in total area with the source of phosphate rock Bayvoar. The phosphorus content increased as foliar applied in the bottom of the groove match with the source superphosphate. The values of total recoverable sugars, Purity, Fiber, PCC and TPH were influenced by phosphorus application at the bottom of the groove through the source triple superphosphate. The phosphate rock from Bayvoar provided a significant increase in the final outcome of TPH. The use of reactive phosphate Bayvoar with triple superphosphate, increased the production of sugar cane to certain maximum level.

Key words: Phosphating. Critical Level. Agricultural Production.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil está associada a sua história econômica, social e cultural, configurando como a primeira grande riqueza agrícola, a qual foi utilizada como matéria prima para fabricação do açúcar. Nas últimas três décadas do século XX, com o surgimento do Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), a cultura teve um crescimento no expressivo, posicionando o Brasil como o maior produtor do mundo desde então; na primeira década do século XXI, com a regulamentação do governo para a fabricação de carros bicomustível FLEX (gasolina ou álcool), verificou-se a demanda de etanol no Brasil e no mundo consolidando o emprego da cana-de-açúcar na geração de energia.

Estima-se que o Brasil terá uma produção na safra 2012/13 de 595,13 milhões de toneladas, com aumento de 6,2% em relação à safra 2011/12, que foi de 560,36 milhões de toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser 34,76 milhões de toneladas a mais que na safra anterior em uma área ocupada de 8.520,540 milhões de hectares. O nordeste poderá ter uma produção de 56.593,9 mil toneladas, tendo Alagoas como maior produtor com uma estimativa de 23.622,6 mil toneladas, numa área de 445,710 mil hectares da cultura (CONAB, 2012).

No estado de Alagoas, a maior parte da área cultivada com cana-de-açúcar encontra-se situada na Zona da Mata alagoana, mesorregião com média pluviométrica superior a 1200 mm. Entretanto, semelhantemente a outras mesorregiões do estado como o agreste e o sertão alagoano, a Zona da Mata Alagoana foi acometida por estiagem no período de 2011/2012 diminuindo o potencial hídrico da cultura e comprometendo consequentemente a produtividade dos canaviais

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), é uma cultura exigente em relação à fertilidade do solo, dentre os nutrientes exigidos pela cultura, o fósforo é de grande importância. Considerado um elemento essencial para as plantas, o fósforo se encontra em baixa quantidade nos solos brasileiros. Embora o fósforo seja exigido em pequenas quantidades pela cana-de-açúcar, comparado com o nitrogênio e potássio, este elemento exerce funções primordiais no metabolismo da planta, particularmente na formação de proteínas, na divisão celular, na fotossíntese, no armazenamento de energia, no desdobramento do açúcar, na respiração, no fornecimento de energia e na produção de sacarose.

A fosfatagem é a aplicação de fosfato natural ou termofosfato a lanço e incorporada ao solo por implemento com a capacidade de misturar uniformemente o produto. Várias formas de aplicação são utilizadas como em área total que tem como finalidade além da aplicação de

fósforo, a adubação corretiva em toda a área de plantio. Outra forma de aplicação é a diretamente no fundo do sulco, onde se tem uma melhor fixação e devido a sua pouca mobilidade fica mais próximo as raízes da cultura.

A utilização de fosfato natural reativo, que é um fosfato de origem sedimentar e orgânico formado pela deposição e decomposição de restos de animais marinhos, podem trazer benefícios para a agricultura. A sua elevada superfície específica do grão, confere um maior contato com a solubilidade do solo, permitindo a liberação do P às plantas com maior intensidade caracterizando a alta reatividade do produto, fornecendo também uma liberação gradual e progressiva do P. As doses de P aplicadas nas adubações são maiores que as quantidades exportadas, já que normalmente a utilização de P pela cana é de 10 a 15% da quantidade total do fertilizante aplicado (Tomaz, 2009).

De forma geral, a eficiência da adubação fosfatada é baixa. Diante disso, há necessidade de novos métodos de adubação fosfatada no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo. Devido à grande importância do fósforo para as plantas e à grande expressão econômica da cana-de-açúcar nos setores agrícola e industrial, torna-se importante a busca de métodos alternativos que possam viabilizar ao máximo a produção.

Além do P ser um elemento de ciclo aberto e oriundo de fontes esgotáveis, a sua eficiência como fertilizante é baseada, sobretudo em solos tropicais. Diante disso, verifica-se a necessidade de buscar novas fontes minerais ou orgânicas, bem como melhoria da eficiência da adubação, seja por meio do estudo da melhor época de aplicação, ou seja, pela diferença da melhor localização do adubo aplicado.

A hipótese do presente trabalho, é que as aplicações do fosfato reativo de Bayovar associado ao superfosfato triplo contribuam para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar.

O presente trabalho objetivou avaliar o crescimento e produtividade agrícola da cana-de-açúcar em diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Aspectos gerais da cultura da cana

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta que pertence à família das Poaceas junto com os gêneros *Zea* e *Sorghum*. Seis espécies de *Saccharum* são reconhecidas: *S.officinarum*; *S.sinense*; *S.barberi*; *S.eduli*; *S.spontaneum*, e *S.robustum*. O centro de origem está localizado nas regiões leste da Indonésia e da Nova Guiné (DANIELS & ROACH, 1987; MARTINS, 2004).

Trazida nas expedições portuguesas ao Brasil, oficialmente, foi introduzida no país por Martim Afonso de Souza, na Capitania de São Vicente, em 1532. No entanto, a cana-de-açúcar já havia sido instalada no país em meados de 1526, antes da chegada do primeiro donatário. Na capitania de Pernambuco, a produção de açúcar iniciou-se com Duarte Coelho, dois anos após a introdução da cana-de-açúcar no Brasil. À ascendência vertiginosa da cultura foi proporcional ao seu declínio, em meados do século XVI, devido à rápida expansão do cultivo no Brasil. (VARNHAGEN, 1975; GOMES, 2006).

Apenas a partir de 1971 a cultura da cana-de-açúcar passou a ter maior relevância no país com a criação do Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar, ligado ao IAA (IAA- PLANALSUCAR). A partir desta data houve um grande impulso na produção canavieira, com a criação de novas variedades, novas técnicas culturais e industriais de produção da cultura. (Ridesa, 2003).

Em função da extensão territorial, o cultivo da cana-de-açúcar ocorre em épocas alternadas e nas mais variadas condições climáticas. Possivelmente, o Brasil é o único país com duas épocas de colheita anuais: a safra de parte da Região Nordeste vai de setembro a abril e a do Centro-Sul e demais regiões vão de maio a dezembro, correspondendo aos períodos mais secos nessas regiões, o ambiente de produção de cana-de-açúcar é definido em função das condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos sob manejo adequado da camada arável em relação ao preparo, calagem, adubação, adição de vinhaça, torta de filtro e palha, do controle de ervas daninhas e pragas. Associadas com as condições de subsuperfície dos solos e ao clima regional (precipitação pluviométrica, temperatura, radiação solar, evaporação) e ainda, com o grau de declividade onde os solos ocorrem na paisagem (Alfonsi et al., 1987, Dinardo-Miranda et al., 2008).

O crescimento do setor sucroalcooleiro nos últimos anos foi significativo, pois estima-se que o Brasil terá uma produção na safra 2012/13 de 595,13 milhões de toneladas, com aumento de 6,2% em relação à safra 2011/12, em uma área ocupada de 8.520,540 milhões de

hectares. O nordeste poderá ter uma produção de 56.593,9 mil toneladas, tendo Alagoas como maior produtor de cana-de-açúcar com uma estimativa de 23.622,6 mil toneladas, numa área de 445,710 mil hectares destinada à cultura. Com relação a produtividade nacional, a previsão de é que seja de 69,8 kg ha⁻¹, 4,2% a mais que a safra 2011/2012. No nordeste este valor cai para 50,8 kg ha⁻¹ e em Alagoas a produtividade será de aproximadamente 53 kg ha⁻¹, sendo 11,3% menor que a safra 2011/2012 (CONAB, 2012). Pelo fato da grande relevância econômica e social da cana-de-açúcar, tem-se realizado pesquisas com o intuito de melhorar a qualidade, a tecnologia e a produtividade agrícola do produto dos canaviais (Farias et al., 2009).

1.2.2 O fósforo

O fósforo é o nutriente que mais limita a produção vegetal em regiões tropicais. Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, grande parte do P é retido na fase sólida, formando compostos menos solúveis, e apenas parte do P é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação que depende, principalmente, da espécie cultivada, é afetada pela textura, tipo de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação do fertilizante também influenciam nesse processo (Novais & Smyth, 1999; Souza et al., 2004).

Quando comparado a outros macronutrientes, o fósforo é exigido em menor quantidade pela planta, mas as adubações são altas, pois características peculiares a determinados tipos de solo faz com que a maior parte do P adicionado se torne indisponível a planta. Segundo Robinson & Syers (1991), o teor e o tipo de argila, a capacidade de troca de cátions (CTC), a adsorção de Ca e de P, o teor de matéria orgânica e a umidade afetam a solubilização de P no solo.

O fósforo é absorvido pelas plantas na forma H₂PO⁴⁻, principalmente pelo processo de difusão. As principais consequências da fosfatagem são: maiores volumes de P em contato com o solo, resultando em maior volume de solo explorado pelas raízes, maior absorção de água e nutrientes, melhor convivência com pragas do solo e aumento da produtividade (Vitti e Mazza, 2006).

Korndörfer (2009) afirma que o fósforo tem a propriedade de aumentar a eficiência do uso de água pela planta, bem como a absorção e utilização de outros nutrientes oriundos do solo ou da adubação, colaborando com o aumento da resistência da planta a doenças.

A eficiência da adubação fosfatada é influenciada por vários fatores como, tipo de solo, fonte, forma de aplicação. Assim, o manejo da adubação deve favorecer a absorção e diminuir

os processos de fixação pelo solo e, conseqüentemente, aumentar o aproveitamento do P pelas plantas. A dissolução a solubilização dos fosfatos naturais depende da superfície de contato com o solo, sendo aumentada com a aplicação em área total seguido de incorporação (Sousa & Lobato, 2003; Horowitz & Meurer, 2004)

As doses de P aplicadas nas adubações são bem maiores que as quantidades exportadas, já que normalmente a utilização de P pela cana é de 10 a 15% da quantidade total do fertilizante (Tomaz, 2009). Em solos tropicais, os principais fatores responsáveis por essa baixa eficiência da adubação com P é o alto teor de óxidos de ferro e alumínio, que promovem a fixação do elemento (Rossetto et al., 2008). Dessa forma, alguns autores (Vitti & Mazza, 2006; Rossetto et al., 2008) recomendam que a melhor forma de aplicação de P em cana-de-açúcar é em área total, onde o P melhor distribuído na área, contribui para o enraizamento, aumentando assim, o volume de solo explorado.

1.2.3 Fontes de fósforo

Segundo Prochnow (2003), as principais fontes de P podem ser divididas em: a) Termofosfatos (processo térmico; consumo de elevada quantidade de energia); b) fosfatos alternativos (parcialmente acidulados, compactados entre outros); c) fosfatos naturais (rocha fosfática moída; reatividade/eficiência agrônômica variável dependendo de fatores ligados a mineralogia da rocha); d) fosfatos totalmente acidulados (acidulação total).

A eficiência dos fosfatos naturais está relacionada principalmente com os seguintes fatores: origem, tamanho das partículas, propriedades do solo, modo de aplicação, preparo do solo e espécie vegetal (Vitti e Mazza, 2006).

Os principais fosfatos totalmente acidulados pertencem ao grupo dos superfosfatos, constituído pelos superfosfatos simples e triplo e pelos fosfatos amoniados, constituído pelos fosfatos monoamônico (MAP) e diamônico (DAP). Entre estes, o MAP, superfosfato simples e triplo são os fertilizantes fosfatados mais utilizados na agricultura para aumentar a quantidade de fósforo disponível para as plantas (Lopes et al., 2004).

Os fosfatos de origem sedimentar possuem geologia complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). Os minerais predominantes são apatitas com rede cristalina e alto grau de substituições isomórficas de fosfato e carbonato, o que torna o cristal mais suscetível à solubilização. São muitas vezes identificados como francolitas e fosforitas (Kliemann e Lima, 2001).

Os fosfatos naturais sedimentares (fosforitas) são oriundos de rochas sedimentares, provenientes do acúmulo e consolidação de materiais degradados de rochas pré-existentes. O fosfato natural é considerado reativo quando 30% do fósforo total forem solubilizados em solução de ácido cítrico a 2%. Neste grupo constitui os fosfatos extraídos de Israel (Arad), do Peru (Bayovar), do norte da África (Gafsa; Daoui) e Estados Unidos (Carolina do Norte) (Braithwaite et al., 1990). Estes materiais podem ser utilizados na adubação fosfatada das culturas, pois são de baixo custo e fácil acesso.

Os fosfatos de alta reatividade correspondem a mais de 90% do P_2O_5 utilizado atualmente na agricultura brasileira, estes fosfatos apresentam alta eficiência agrônômica em curto prazo e elevado custo por unidade. Existe uma forte competição entre o solo e a planta pelo P destes fosfatos. Fosfatos naturais de alta reatividade, como o fosfato de gafsa, apresentam eficiência equivalente às fontes de alta solubilidade quando incorporados ao solo (Novais et al. 2007, Corrêa et al., 2005).

Quando se utiliza o fosfato natural, principalmente os fosfatos brasileiros, como Araxá, a fosfatagem deve ser realizada ao solo em área total e incorporada, para aumentar a superfície de contato com o solo e assim aumentar a dissolução do fosfato. Tal operação deve ser feita pelo menos um mês antes da calagem, pois sua solubilização é favorecida por condições de acidez do solo. Já os fosfatos naturais reativos têm aplicação crescente em culturas de ciclo longo, como a cana-de-açúcar, por ter liberação lenta do fósforo e menor custo que os fosfatos solúveis (Rossetto et. al. 2008).

Normalmente, a curto prazo a eficiência dos fosfatos industriais solúveis em água é maior, enquanto a eficiência dos fosfatos naturais aumenta com o tempo decorrido da sua aplicação ao solo, sendo que alguns fosfatos naturais têm demonstrado eficiência semelhante aos das fontes mais solúveis. A eficiência dos fosfatos naturais relaciona-se, principalmente, com sua origem, com o tamanho de suas partículas, com as propriedades do solo, com a cultura a ser implantada e com o tempo decorrido da sua aplicação. (Horowitz; Meurer, 2004).

O fosfato natural reativo de Bayovar é um fosfato de origem sedimentar e orgânico, formado pela deposição e posterior decomposição de restos de animais marinhos, sendo proveniente da região de Bayóvar (Sechura)-Peru. Segundo Heringer (2013), possui elevada superfície específica, macio e poroso, conferindo maior contato com a solução do solo e permitindo a liberação do fósforo às plantas com maior intensidade. Esse efeito caracteriza a alta reatividade do produto, possui liberação gradual e progressiva do fósforo “efeito residual”, proporciona menor fixação do fósforo pelo solo e tem uma alta densidade diminuindo a perda por deriva.

1.2.4 Adubação fosfatada em cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar tem na adubação fosfatada o suporte para a manutenção e obtenção de altas produtividades agrícolas, pois ocupa áreas deficientes em fósforo. Devido à sua pouca mobilidade no solo, o grande poder residual e a fixação, o fósforo vem sendo aplicado no sulco de plantio da cana-de-açúcar, pois nessa posição o elemento se encontra mais próximo da maior concentração de raízes, importantes para o início do desenvolvimento e estabelecimento da cultura (Espironelo, 1989; Orlando Filho 1993).

As recomendações de adubação fosfatada devem considerar características do solo que reflitam o fator capacidade de P (FCF), uma vez que elas determinam a variação entre os solos quanto à capacidade de adsorver P; desta forma, isotermas de adsorção são ajustadas e, por meio delas, pode-se estimar as quantidades de P que devem ser aplicadas ao solo (Corrêa et al., 2008), para que quantidades adequadas deste elemento possam estar disponíveis para absorção

Em cana-de-açúcar o P assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final. O sintoma de deficiência mais importante é o baixo crescimento da planta. A formação das folhas também é afetada, sendo que as mais velhas apresentam-se com tons arroxeadas, mais estreitas e curtas, prejudicando assim a quantidade de clorofila. Ocorre baixo perfilhamento, menor altura, menor diâmetro e encurtamento dos entrenós. As características tecnológicas da cana e a presença do fósforo no caldo exercem influência no processo de clarificação. Caldos com baixo teor de fósforo são de difícil floculação, prejudicando a decantação das impurezas. Essas por sua vez, irão produzir açúcar de pior qualidade e de menor valor econômico. Durante o processo de clarificação do caldo, o fósforo reage com o hidróxido de cálcio para a formação de fosfato tricálcico, o qual, ao flocular e sedimentar, arrasta impurezas que ficam no fundo do decantador (Malavolta 2006; Korndörfer, 2004).

Segundo Rossetto et al. (2008), em solos com teores muito baixos de fósforo (P em resina $< 10 \text{ mg dm}^{-3}$), são indicadas aplicações em área total, principalmente em solo arenosos ou com teor de argila menor que 30%, minimizando assim a fixação do elemento.

Oliveira (2008), estudando o comportamento de onze variedades de cana-de-açúcar em condições de irrigação em solo de textura média, verificou que o colmo apresentou teores médios de 0,2 a 0,8 g kg^{-1} de fósforo. Moura Filho (2006), também, estudando extração de macronutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar, obteve resultados decrescentes de

conteúdo de fósforo nas partes da planta na seguinte ordem: colmos > ponteiros > folhas > folhas senescentes.

O teor de fósforo nativo do solo pode afetar a concentração de P_2O_5 no caldo da cana-de-açúcar, ou seja, quanto maior o teor de fósforo extraível do solo, maior a quantidade de P_2O_5 no caldo. Embora não seja a forma mais eficiente e econômica, a adubação fosfatada contribui de maneira significativa para aumentar o teor de P_2O_5 do caldo, por conseguinte, melhorando o processo de clarificação. O fósforo funciona como um agente floculador, carreando as impurezas do caldo para o fundo do decantador, daí a sua importância no processo industrial (Korndorfer, 2004).

Figueiredo Filho (2002), estudando hiperfosfato natural Gafsa com fontes solúveis e misturas nos Estados de Alagoas e Pernambuco, não obteve diferenças de produtividade agrícola e industrial na cana cultivada em solos com as diferentes fontes e concluiu que o hiperfosfato natural Gafsa demonstra boas qualidades técnicas, alertando para utilização desse fosfato natural como promissora fonte de fósforo.

Thomaz (2009), trabalhando com fontes, formas e doses de aplicação de P, não apresentaram diferenças significativas, ou seja, os níveis de doses, 100 ($144,9 \text{ t ha}^{-1}$) e 200 ($145,1 \text{ t ha}^{-1}$) e entre os níveis de formas de aplicação, sulco ($144,1 \text{ t ha}^{-1}$), área total ($145,1 \text{ t ha}^{-1}$) e sulco + área total ($145,9 \text{ t ha}^{-1}$) não diferiram entre si.

1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R. R.; PEDRO, J. M. J.; BRUNIN, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização**. 1. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 42-55.
- BRAITHWAITE, A. C.; EATON, A. C.; GROOM, P. S. Factors affecting the solubility of phosphate rock residues in citric acid and formic acid. **Fertilizer research**, v. 23, p. 37-42. 1990.
- Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira : cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2012 - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília : Conab 2012.
- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOUZA, S. K. S.; FREIRE, F. J.; SILVA, G. B. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. **Scientia Agrícola**, v.62, n.2, p.159-164, 2005.
- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. S. C.; FERRAZ, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.218-224, 2008
- DANIELS, J., ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. Sugarcane improvement through breeding. New York: **Elsevier**, 1967, 84p
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 271-287
- ESPIRONELO, A. Contribuição do instituto Agrônomo de Campinas (IAC) para a nutrição e adubação da cana-de-açúcar. Fósforo em cana planta. **Stab**. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.8, n.2, p. 14-21, 1989.
- ESTÉVES, A.A. Fisiologia de la caña de azucar. In: OSORIO C.E.B. (Ed.). El cultivo de la caña de azucar. Cali: **Tecniacana**, 1986. p.27-41.

FARIAS, C. H. DE A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. DANTAS NETO, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.419–428, 2009.

FIGUEIREDO FILHO, C. P. Avaliação da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com hiperfosfato natural reativo. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.259–263.

GOMES, G. (Ed.). Engenho e arquitetura. Recife: **Massangana**, 2006. 411 p.

Heringer disponível em: http://www.heringer.com.br/heringer/index_pt acesso em 23 de maio 2013 as 20:52.

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

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

KORNDÖRFER, G. H. , MELO, S. P. 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.

LOPES, A.S; SILVA, C.A.P; BASTOS, A.R.R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S (ed.). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato 2004. p. 11-34.

- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo:Ceres, 2006. 638p.
- MARTINS, N.G.S. Os fosfatos na cana-de-açúcar. 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2004.
- MOURA FILHO, G.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVA, L. C.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I. ; BARBOSA, G. V. S. Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-acucar. In: SEMINARIO ALAGOANO SOBRE VARIEDADES DE CANA-DE-ACUCAR, 7., 2006. Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, STAB Leste, 2006. CD-ROM.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007.
- OLIVEIRA, E.C.A. **Dinâmica dos nutrientes em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena**. 2008. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.
- ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G.M.S; OLIVEIRA, E.A.M (eds.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 133-146.
- PROCHNOW. L.I. Eficiência agronômica de fosfatos totalmente acidulados. In: **Simpósio de fósforo na agricultura brasileira**, 1., 2003, São Pedro. Anais... São Pedro: Potafos: ANDA, 2003.1 CD_ROM.
- RIDESIA, Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: Variedade RB. Recife: UFRPE/EECA, 2003. 256p. (Relatório Anual).

- ROBINSON, J. S.; SYERS, J. K. Effects of solution calcium concentration and calcium sink size on the dissolution of Gafsa phosphate rock in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.42, n.3, p. 389-397, 1991.
- ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; PRADO JÚNIOR, J.P.Q. Fósforo. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico**, 2008. p.271-287.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.102, p.1-16, 2003. Encarte técnico.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 2004. p. 147-168.
- TOMAZ, H.V.Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93 f. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- VARNHAGEN, F. A. (Ed.). História geral do Brasil: antes da sua separação e independência de Portugal. Sao Paulo: Melhoramentos, 1975. v. 5, 314 p.
- VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A. Manejo e uso de fertilizantes em cana-de-açúcar. In MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; TASSO JÚNIR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; VALE, D.W. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. p. 31-51

CAPITULO II

Produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar, sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo

William A. R. Rodrigues¹, Abel W. de Albuquerque², Gilson M. Filho², Leila C. da Silva³, Antony Moura⁴

Resumo: A adubação fosfatada é fundamental para a obtenção de alta produtividade da cana-de-açúcar, uma vez que os solos tropicais apresentam, na sua maioria com baixos teores de fósforo, necessitando de novos estudos sobre sua utilização, para se obter melhores produtividades. Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento e a produção da cana-de-açúcar, submetido a diferentes doses e formas de aplicação de fósforo, em um experimento de campo, com 15 tratamentos com cinco doses de superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no fundo do sulco e três doses de fosfato reativo de Bayovar (0, 100 e 200 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em área total do plantio, totalizando 60 parcelas. O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso dispostos em um arranjo fatorial com 4 repetições. O experimento foi realizado na fazenda Marituba, pertencente à Usina Paisa, no município de Penedo-Al. Foram avaliados: População de perfilho, altura de planta, diâmetro do colmo, índice de área foliar, rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar. Os valores de açúcares totais recuperáveis, Pureza, Fibra, PCC e TPH foram influenciados pela aplicação de fósforo no fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo. O fosfato natural reativo de Bayovar proporcionou um aumento significativo no resultado final de TPH. A utilização do fosfato reativo de Bayovar com o superfosfato triplo aumentou a produção de cana-de-açúcar até determinada dose máxima.

Palavras-chave: Análise de crescimento, Fosfatagem, Dados Industriais

¹Engenheiro Agrônomo, Msc em produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL. E-mail: william_rodrigues@hotmail.com

²Prof. Dr. Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL

³Engenheira Agrônoma, Dra. em Ciência do solos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. E-mail: leila.ufal@yahoo.com.br

⁴Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. E-mail: tonymoura.agro2011@hotmail.com

Agricultural and industrial productivity of sugar cane under different doses and forms of phosphorus application

Abstract: Phosphorus fertilization is essential to obtain high yield of cane sugar, since tropical soils present, mostly with low phosphorus, requiring further studies on their use to obtain the best yield. In this context, the objective was to evaluate the growth and production of sugar cane, subjected to different doses and forms of phosphorus application in a field experiment with 15 treatments with five triple superphosphate (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied at the bottom of the furrow and three doses of reactive rock phosphate Bayvoar (0, 100 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied to the total area of planting, totaling 60 plots. The experimental design was a randomized block design arranged in a factorial design with four replications. The experiment was conducted at the Marituba belonging, Paisa Plant to the municipality of Penedo, AL. Were evaluated: Population tiller, plant height, stem diameter, leaf area index, agricultural and industrial yield of cane sugar. The values of total recoverable sugars, Purity, Fiber, PCC and TPH were influenced by phosphorus application at the bottom of the groove through the source triple superphosphate. The phosphate rock from Bayvoar provided a significant increase in the final outcome of TPH. The use of reactive phosphate Bayovoar with triple superphosphate increased the production of sugar cane to certain maximum level.

Keywords: Analysis of growth, Phosphating, Industrial Data

2.1 INTRODUÇÃO

Estima-se que o Brasil terá uma produção na safra 2012/13 de 595,13 milhões de toneladas, com aumento de 6,2% em relação à safra 2011/12, significando que a quantidade que será moída deve ser 34,76 milhões de toneladas a mais que na safra anterior, em uma área ocupada de 8.520,540 milhões de hectares. O nordeste poderá ter uma produção de 56.593,9 mil toneladas, tendo Alagoas como maior produtor com uma estimativa de 23.622,6 mil toneladas, numa área de 445.710 mil hectares da cultura (CONAB, 2012).

Atualmente tem sido imprescindível manejar a cultura da cana-de-açúcar adequadamente, buscando maiores produções por unidade de área, pois nas regiões canavieiras, a exemplo do Nordeste, a disponibilidade de área para o crescimento da cultura da cana-de-açúcar vem se tornando cada vez mais escassa. Contudo, segundo Wiedenfeld & Enciso (2008), a má distribuição e a baixa precipitação pluvial observadas nessas regiões produtoras, restringe o crescimento da cultura e proporcionam impactos negativos da produtividade e qualidade dos canaviais. Nestas condições, o manejo adequado implica na identificação dos padrões de crescimento, selecionando cultivares adaptadas edafoclimaticamente aos diferentes ambientes de produção e na utilização de um processo de adubação que seja eficiente.

A análise de crescimento da cana-de-açúcar permite identificar as fases de crescimento da cultura, possibilitando uma melhor condução, de forma a se poder fazer um planejamento para que coincida a fase de melhor disponibilidade hídrica com o período de maior produção e desenvolvimento da cultura. Oliveira (2007), afirma que pode ser dividido em fases o crescimento da parte aérea da cana-de-açúcar: fase inicial, em que o crescimento é lento; fase de crescimento rápido, com o surgimento e alongamento dos entrenós e a fase final, em que há novamente o crescimento lento.

Figueiredo Filho (2002), estudando hiperfosfato natural Gafsa com fontes solúveis e misturas nos Estados de Alagoas e Pernambuco, não obteve diferenças de produtividade agrícola e rendimento industrial na cana cultivada em solos com as diferentes fontes e concluiu que o hiperfosfato natural Gafsa demonstra boas qualidades técnicas, alertando para utilização desse fosfato natural como promissora fonte de fósforo.

Santos (2009) analisando diferentes doses e formas de aplicação de fósforo, verificou que o comportamento do IAF em função de dias após o plantio e verificou um período de crescimento lento até os 60 dias, seguido de um período de crescimento rápido, dos 60 aos 120 dias, atingindo valores máximos, período de estabilização, ocorrendo dos 120 até os 300

dias após o plantio e, finalmente, um período de decréscimo a partir dos 300 dias, indicando o processo de maturação e concentração de sacarose; este tipo de comportamento também foi observado por Oliveira et al. (2007) no Estado do Paraná e por Farias et al. (2009) no Estado da Paraíba. Lima Filho et al. (1982), estudando doses, fontes e sistema de aplicação de fósforo em cana planta, encontraram respostas significativas por tonelada de cana, açúcar por hectare.

CAIONE (2011) concluiu em seu trabalho sobre modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho amarelo que as formas de aplicação de fósforo proporcionaram produtividades semelhantes, sendo nesse caso, a aplicação no sulco de plantio mais viável, por ser menos onerosa.

Fazendo a avaliação de variáveis da planta como a área foliar, produção, altura, diâmetro, perfilho e produção torna-se possível a identificação da capacidade produtiva da cultura, podendo assim realizar um manejo o qual possa proporcionar melhores condições para que a cultivar expresse seus melhores resultados. Desta forma é necessário algumas práticas como: manejo do solo, irrigação, adubação, uma boa variedade com qualidades capaz de se adequar as condições existentes e mostrar resultado (Silva 2011).

Assim, o presente trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento e a produção da cana-de-açúcar, submetido a diferentes doses, aplicações e fontes de fósforo.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização do ambiente experimental

Para avaliar os efeitos da aplicação do fosfato reativo natural de Bayovar e superfosfato triplo em solo cultivado com cana-de-açúcar, foi conduzido, no período de fevereiro de 2012 a fevereiro 2013, um experimento em área comercial na fazenda Marituba, lote 24 da Usina Paisa, localizada no município de Penedo, Zona da Mata do Estado de Alagoas (Figura 1). A temperatura média da região foi de 26,2°C, com médias máximas de 30,5°C e média mínima de 21,9°C. A umidade relativa do ar variou entre 65% e 95%. A precipitação pluvial na época de implantação do experimento ate sua colheita foi de 1321,7 mm e teve uma ETo de 1617 mm. O período chuvoso se estendeu de maio ao início de agosto (Figura 1).

A área experimental está situada em área de Tabuleiro Costeiro sobre solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura média. As características químicas do solo encontram-se na tabela 1

Tabela 1- Caracterização química do solo da área experimental em duas profundidades, Usina Paisa, Penedo, AL, 2011

	PH (H ₂ O)	Na	P	K	Ca+M g	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	M.O.
		-----mg dm ⁻³ -			-----cmolc dm ⁻³ -----						-----	
		---			-----						%-----	
0-20	6,4	11	5	15	3,9	2,4	1,5	0,01	2,1	6,09	65,5	1,03
20-40	6,2	7	2	14	2,1	1,1	1	0,03	1,7	3,87	56	0,4

Foi realizada operação de gradagem e sulcação utilizando-se um trator sulcador para, na sequência, aplicar-se a adubação mineral. Não houve necessidade de fazer a correção da acidez do solo, por apresentar %V superior a 60%.

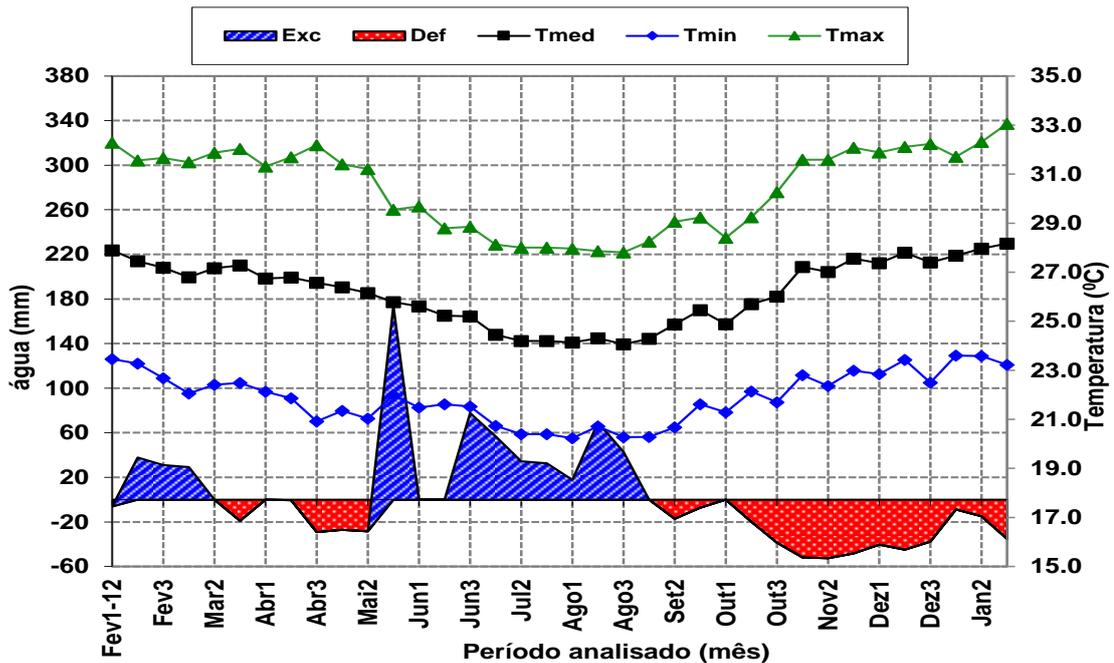


Figura 1- Balanço hídrico e temperatura média decenal para o período de implantação a colheita do experimento, Fazenda Marituba, Usina Paise, Penedo, AL

2.2.2 Delimitação experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em um arranjo fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por de cinco doses de P_2O_5 através da fonte superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 $kg\ ha^{-1}$) aplicadas no fundo do sulco e três doses de P_2O_5 com a fonte fosfato reativo de Bayovar (0, 100 e 200 $kg\ ha^{-1}$) aplicadas em área total do plantio. Cada parcela foi composta de oito linhas de cana-de-açúcar com 20 m de comprimento em um espaçamento combinado de 1,4m x 0,9m, sendo a área útil constituída pelas 4 linhas centrais, com 10 m de comprimento. No plantio da cana-de-açúcar ficou estabelecida uma densidade de plantio de 12 gemas por metro linear.

A adubação realizada no suco de plantio, foi de 70 $kg\ ha^{-1}$ N onde utilizou-se a fonte sulfato de amônia e 140 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , através da fonte cloreto de potássio. A recomendação foi baseada de acordo com a recomendação padrão utilizada na Usina Paise.. Na mesma ocasião, aplicou-se inseticida para o controle de pragas de solo.

2.2.3 Caracterização da variedade

As variedades mais utilizadas no estado de alagoas são: RB92579, RB867515. Dentre estas se destaca a variedade RB92579 por suas características de adaptação regional e representatividade, pela área plantada no estado de Alagoas, tendo como características morfológicas: hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de

volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento do bordo, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular.

As características agroindustriais que mais se destacam na variedade RB92579 são: alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. Considerada de maturação média, esta variedade apresenta no meio de safra, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo período de utilização industrial (PUI), e médio teor de fibra. Não apresenta restrição ao ambiente de produção. Intermediária a escaldadura das folhas e resistente a ferrugem (BARBOSA et al. 2003).

2.2.4 Avaliações de crescimento

A variedade RB92579 foi plantada no dia 23-02-2012 e colhida em 19-02-2013. O material vegetal foi coletado na área útil da parcela, amostrando-se ao acaso 8 plantas de cada uma das 4 linhas centrais, totalizando 32 plantas por parcela, as quais foram destinadas à análise tecnológica e seus pesos incluídos na estimativa da produção agrícola

Para avaliação do crescimento da cana-de-açúcar, foram amostrados aleatoriamente trinta plantas nas quatro linhas centrais do cultivo, aos 120, 240 e 360 dias após o plantio (DAP), foram medidos os dados de altura do colmo, diâmetro do colmo, área foliar. O número de perfilhos foi aos 30, 90, 120, 150, 270 e 360 DAP.

A altura do colmo foi mesurada com auxílio de uma fita métrica a partir do nível do solo até bainha da folha (+1) (Figura 2A), o diâmetro do colmo foi medido utilizando-se um paquímetro digital no terço médio da planta (Figura 2B). A área foliar foi determinada por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1) e pelas medições nas folhas +2, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana, segundo metodologia descrita por Hermann & Câmara (1999) modificado por Morais (2004), onde para se encontrar a área de cada folha, multiplica-se sua maior largura pelo comprimento, multiplicando-se em seguida essa área pelo coeficiente de 0,75. A área foliar da folha +2 de cada planta multiplicada pelo número de folhas representa a área foliar. A obtenção do índice de área foliar (IAF) foi feita através da área foliar por planta multiplicado pelo número de plantas

encontradas em um hectare, dividido pela área ocupada pelas mesmas no solo.



Figura 2- Avaliação de crescimento da cana-de-açúcar, Usina Paise, Penedo, Al.

2.2.5 Características tecnológicas

Ao final do ciclo (360 dias), a cana-de-açúcar foi colhida, pesada e estimada a produção em toneladas 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 uma amostra de 10 plantas para a caracterização da qualidade tecnológica da cana, sendo obtidos os dados de Brix (%), Pol da cana corrigido (PCC %), fibra industrial (Fibra %), pureza (Pureza %), açúcares totais recuperáveis (ATR), no Laboratório Agroindustrial da Usina Paise.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F através do programa estatístico SAEG 5.0. As interações significativas foram desdobradas, feito a regressão e apresentadas em forma de gráfico com as fórmulas que melhor representa os dados. Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2 ajustado) com o auxílio do programa FCalc. Com base nos modelos de regressão selecionados para produção agrícola, em função das doses de P, foram calculadas as doses necessárias para atingir a produção máxima, que foram denominadas de doses de máxima eficiência econômica (MEE).

A determinação do Brix do caldo extraído foi feita com o refratômetro digital provido de correção automática de temperatura para 20°C (caldas, 1988). A Pol foi avaliada com um sacarímetro automático, determinando-se a concentração de açúcares opticamente ativos, de acordo com a equação conhecida como lei de Biot (Caldas, 1988) apresentada na equação 1.

$$C = \frac{100 * a}{l * a^T * u} \quad (1)$$

Em que:

C – Concentração de açúcares

α – Ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada

l – Comprimento da coluna iluminada de líquido

$a^T * u$ – Rotação específica

Após a leitura realizada pelo aparelho, foi feita a correção para a temperatura ambiente interna, em torno de 20°C pela equação de ajuste.

$$L_{\text{corrigida}} = L * [1 + 0,000255 * (T - 20)] \quad (2)$$

em que:

L – Leitura sem correção

T – Temperatura do laboratório

$L_{\text{corrigida}}$ – Pol do caldo extraído (%)

O cálculo da fibra industrial (Fibra%) da cana se baseia na correlação entre resíduo fibroso e a fibra industrial da cana, determinada experimentalmente, segundo a seguinte equação (CRSPCTS/PB, 1997):

$$Fibra(\%) = 0,08 * PBU + 0,876 \quad (3)$$

Em que:

PBU – Peso do bolo úmido, em gramas

Obteve-se o valor de pureza (Pureza %) a partir da porcentagem de sólidos solúveis totais no caldo extraído, após a determinação dos valores de Pol e Brix (CRSPCTS/PB, 1997), de acordo com a equação:

$$Pureza(\%) = \frac{Pol\%caldo}{Brix\%caldo} * 100 \quad (4)$$

O PCC é um índice que determina a quantidade de sacarose que realmente será extraída em cada tonelada de cana-de-açúcar, quanto mais alto o valor de PCC mais elevado é o preço da cana, sendo, portanto um fator muito determinante nos estudos de rendimento industrial dessa cultura. A sua determinação se dá por meio da equação:

$$PCC = L_{\text{corrigida}} * (1 - 0,01 * FIBRA) * C \quad (5)$$

Em que:

$L_{\text{corrigida}}$ – Pol do caldo extraído, %

$Fibra$ – Fibra industrial da cana, %

C – 0,955, fator de transformação da Pol do caldo extraído em Pol do cald absoluto.

O açúcar total recuperável (ATR), dado em kg açúcar por t^{-1} de cana, foi calculado por meio da fórmula regulamentada pelo CONSECANA (1999):

$$ATR = 10 * 0,88 * 1,0526 * PCC + 10 * 0,88 * ARC \quad (6)$$

Onde :

Fator 10 - refere-se à transformação de kg Pol 100 kg⁻¹ cana (%) em kg;

Fator 0,88 - refere-se à eficiência industrial de lavagem, extração e tratamento caldo juntas, ou seja, coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 12%;

Fator 1,0526, refere-se ao fator que transforma a Pol em AR, ou seja, coeficiente estequiométrico para a conversão de pol em açúcares redutores

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 População de perfilhos

Ao analisar os dados de perfilho, em função de diferentes formas e doses de aplicação de fósforo (Tabela 2), verificou-se uma diferença na interação do fosfato reativo de Bayovar (FRB) aplicado em área total e o superfosfato simples (PST) aplicado no fundo do sulco aos 30 dias após o plantio (DAP), onde aumentando a dose de fósforo aplicado tanto na superfície, como no sulco, aumentando a população de perfilho.

A aplicação de STF no fundo do sulco de plantio, na ausência da aplicação de FRB em área total, resultou em perfilhamento de 8,45 plantas por metro linear aos 30 DAP, enquanto que, na presença de dose 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 de FRB, o perfilhamento foi de 11,48 plantas por metro linear. A partir da dose 200 kg ha^{-1} de FRB verificou-se decréscimo do perfilhamento com máximo de 7,64 plantas por metro linear (Figura 3). Silva (2011), trabalhando com várias cultivares de cana-de-açúcar em um Argissolo Amarelo distrocoeso fragipânico, verificou que aos 30 dias a cultivar RB92579 apresentou aos 30 dias de plantio o maior perfilhamento, com 33,1 plantas por metro linear.

A partir dos 90 DAP não houve diferença significativa com relação às doses e formas de aplicação de fósforo no solo, assim o número de plantas não foi influenciado, mesmo aumentando a dose de fósforo aplicada.

Tabela 2- Análise de variância da população de plantas (m L⁻¹.) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar

Superfície	Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)					
kg ha ⁻¹	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	30 DAP						90 DAP						120 DAP					
0	6,80	7,87	7,92	8,10	8,37	7,81	14,52	13,10	14,00	12,75	11,87	13,25	15,35	12,50	12,87	12,72	11,22	12,93
100	8,27	7,95	7,72	8,07	7,37	7,88	11,95	11,80	13,67	15,10	13,72	13,25	11,57	12,40	13,25	14,15	12,15	12,70
200	7,97	7,75	7,57	7,80	8,20	7,86	12,02	11,42	13,65	15,35	12,50	12,99	11,35	12,47	13,12	14,05	12,00	12,60
Média	7,68	7,86	7,74	7,99	7,98		12,8	12,1	13,8	14,4	12,7		12,8	12,5	13,1	13,6	11,8	
Trat	GL	QM					QM					QM						
Blocos	3	0,5095 ^{ns}					92,0766 ^{**}					81,7773 ^{**}						
PST	4	0,2322 ^{ns}					10,0202 ^{ns}					5,729 ^{ns}						
FRB	2	0,02216 ^{ns}					0,4507 ^{ns}					0,5871 ^{ns}						
Linear	1	0,0202 ^{ns}					0,676 ^{ns}					1,1222 ^{ns}						
Quad	1	0,024 ^{ns}					0,2253 ^{ns}					0,5208 ^{ns}						
FRBxPST	8	0,9561 ^{**}					5,789 ^{ns}					5,8217 ^{ns}						
Resíduo	42	0,2209					8,3498					5,4317						
CV (%)		5,98					21,9					18,2						
Média		7,85					13,16					12,74						
Superfície	Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)					
kg ha ⁻¹	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	150 DAP						270 DAP						360 DAP					
0	13,07	11,30	12,47	12,32	11,15	12,06	8,85	8,00	8,02	8,32	8,40	8,32	7,55	6,67	7,72	8,05	7,77	7,55
100	11,42	12,27	12,95	12,95	11,60	12,24	8,57	7,85	8,27	8,42	7,67	8,16	7,82	7,42	7,20	8,20	7,57	7,64
200	11,25	11,72	11,82	13,05	11,75	11,92	8,40	8,30	8,12	8,75	8,05	8,32	7,50	7,32	7,17	8,37	7,70	7,61
Média	11,91	11,76	12,41	12,77	11,50		8,61	8,05	8,14	8,50	8,04		7,62	7,14	7,36	8,21	7,68	
Trat	GL	QM					QM					QM						
Blocos	3	32,4406 ^{**}					19,5202 ^{**}					23,6908 ^{**}						
PST	4	3,553 ^{ns}					0,8531 ^{ns}					1,9261 ^{ns}						
FRB	2	0,2221 ^{ns}					0,1761 ^{ns}					0,042 ^{ns}						
Linear	1	0,2162 ^{ns}					0,00025 ^{ns}					0,036 ^{ns}						
Quad	1	0,2341 ^{ns}					0,3521 ^{ns}					0,048 ^{ns}						
FRBxPST	8	1,6001 ^{ns}					0,2566 ^{ns}					0,3191 ^{ns}						
Resíduo	42	3,5526					0,5655					0,6332						
CV (%)		15,77					9,09					10,46						
Média		13,07					8,27					7,60						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05)

Segundo Silva (2007) a partir do ponto de perfilhamento máximo, a competição entre perfilhos pelos fatores de crescimento (água, luz, nutriente e espaço) torna-se elevada, refletindo-se na diminuição e paralização do processo, além da morte dos perfilhos mais jovens. Moura et al. (2005), concluíram em seu trabalho que o número de perfilhos é afetado pela adubação e disponibilidade de água. Estes autores obtiveram aumento no número de perfilhos de 7,8 para 8,6 com a variedade SP79-1011 em cultivo de cana irrigada.

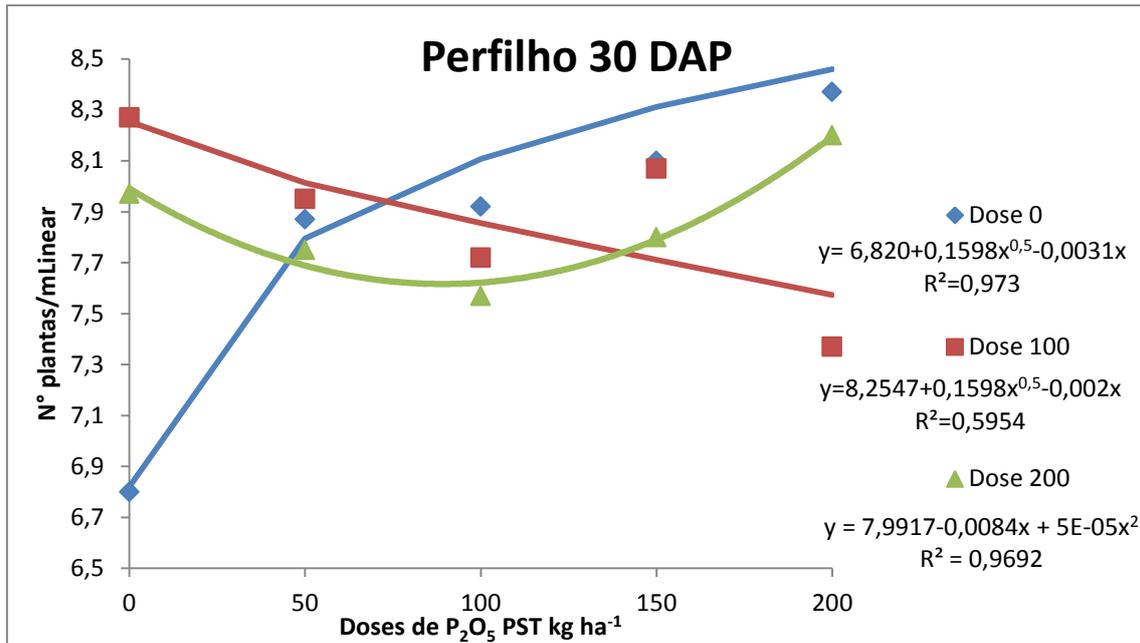


Figura 3- População de plantas aos 30 dias após o plantio, em relação a interação FRB x ST.

2.3.2 Altura de plantas

A altura do colmo não diferiu pelo teste F ($P < 0,05$) entre as doses e formas de aplicação de fósforo na variedade RB92579 (Tabela 3), apresentando altura média de 175,27 cm aos 360 DAP. Um motivo que contribuiu para o pouco crescimento da cultura foi com relação ao estresse hídrico sofrido durante o período de formação dos perfilhos nos meses de março, abril e maio. A partir de setembro teve outro período de déficit hídrico o qual se estendeu até o final do experimento onde afetou a fase de alongamento do colmo, o balanço hídrico do período do experimento encontra-se na figura 1.

Tabela 3- Análise de variância dos dados obtidos para a altura de plantas (cm) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar

Superfície	Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)					
	kg ha ⁻¹	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	120 DAP (cm)						240 DAP (cm)						360 DAP (cm)					
0	40,72	36,30	33,60	34,97	30,35	35,18	173,2	161,5	167,5	156,0	161,0	163,8	180,0	173,0	170,7	169,0	170,7	172,7
100	39,10	32,37	38,82	35,17	37,12	36,51	168,5	156,7	156,6	172,7	159,2	162,7	176,0	172,7	183,5	186,0	171,0	177,8
200	33,70	36,10	42,62	42,85	36,05	38,26	153,5	150,0	178,0	173,7	167,7	164,6	172,0	166,7	184,0	178,2	175,2	175,2
Média	37,84	34,93	38,34	37,66	34,51		165,0	156,0	167,3	167,5	162,6		176,0	170,8	179,4	177,7	172,3	
Trat	GL	QM					QM					QM						
Bloco	3	1032,2**					1089,2**					2056,489**						
PST	4	38,7171 ^{ns}					265,8917 ^{ns}					126,6917 ^{ns}						
FRB	2	47,5652 ^{ns}					17,3167 ^{ns}					232,35 ^{ns}						
Linear	1	94,5563 ^{ns}					5,625 ^{ns}					65,025 ^{ns}						
Quad	1	0,5741 ^{ns}					29,0083 ^{ns}					399,6749 ^{ns}						
FRBxPST	8	60,4706 ^{ns}					370,5042 ^{ns}					116,3292 ^{ns}						
Resíduo	42	91,2316					207,8547					322,9532						
CV (%)		26,05					8,8					10,22						
Média		36,66					163,74					175,27						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05)

Silva (2011), trabalhando com sete variedades de cana-de-açúcar, verificou que aos 120 dias de plantio, a variedade RB92579 apresentou uma altura de 103,1 cm, diferente da encontrada neste experimento, que foi em média 36,6 cm, o que mostra que mesmo bem adubada, a cultura não se desenvolveu por conta do estresse hídrico. Caione (2011), estudando diferentes doses e formas de aplicação no fósforo encontrou resultados significativos, em relação a dose aplicada no sulco, sendo a dose 150 kg ha⁻¹ a que proporcionou uma maior altura.

2.3.3 Diâmetro médio do colmo

Os dados referentes ao diâmetro médio da base dos colmos, encontram-se na tabela 4. Houve diferença com relação às doses de FRB aplicadas em área total ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05) Os dados apresentaram uma diferença na interação do FRB aplicado em área total e o PST aplicado no fundo do sulco aos 120 DAP, onde aumentando a dose de P aplicado tanto na superfície, como no sulco, contribuiu, para promover o aumento do número de plantas.

Tabela 4-Análise de variância do diâmetro médio do colmo (mm) sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo em cana-de-açúcar

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)					
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	120 DAP (mm)						240 DAP (mm)						360 DAP (mm)					
0	12,90	14,60	11,70	13,45	12,57	13,04	25,32	24,75	25,00	24,25	24,50	24,76	26,00	25,75	26,75	26,50	25,75	26,15
100	11,97	13,15	15,17	13,92	14,85	13,81	25,25	25,50	25,00	25,00	26,00	25,35	25,50	26,75	26,25	26,50	28,25	26,65
200	12,70	11,27	12,50	12,62	12,90	12,40	25,75	24,25	26,25	25,75	24,75	25,35	27,00	26,00	27,50	26,50	28,25	27,05
Média	12,5	13	13,1	13,3	13,4		25,4	24,8	25,4	25	25,1		26,2	26,2	26,8	26,5	27,4	
Trat	GL	QM					QM					QM						
Blocos	3	38,9106**					5,277*					3,6611 ^{ns}						
PST	4	1,5298 ^{ns}					0,8498 ^{ns}					3,3166 ^{ns}						
FRB	2	10,0372*					2,2815 ^{ns}					4,0666 ^{ns}						
Linear	1	4,1602 ^{ns}					3,4222 ^{ns}					8,1 ^{ns}						
Quad	1	15,9141*					1,1407 ^{ns}					0,0333 ^{ns}						
FRBxPST	8	5,7651*					1,6273 ^{ns}					2,3166 ^{ns}						
Resíduo	42	2,5167					1,4484					2,5063						
CV (%)		12,2					4,78					5,95						
Média		13,08					25,15					26,62						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05)

Para o tratamento que não foi aplicado fosfato natural reativo de Bayovar em área total em relação às doses superfosfato triplo aplicadas em fundo do sulco os dados que melhor representou o comportamento foi da média com um valor de 13,04 mm. Já a dose 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da FRB em área total em relação às doses de superfosfato triplo aplicado no fundo do sulco encontrou-se um diâmetro máximo de 14,96mm. A dose 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ da fonte FRB em relação as doses aplicadas no fundo do sulco pelo superfosfato triplo apresentou teores máximo de 11,71 mm (FIGURA 4). Caione (2011) estudando formas de aplicação e doses de P com relação ao diâmetro de plantas não observou diferenças significativas para as doses e formas de aplicação de P. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo realizado por Alvarez & Castro (1999) e Oliveira et al. (2004), encontrando valores médios de diâmetro de colmos entre 2,3 - 2,5 cm

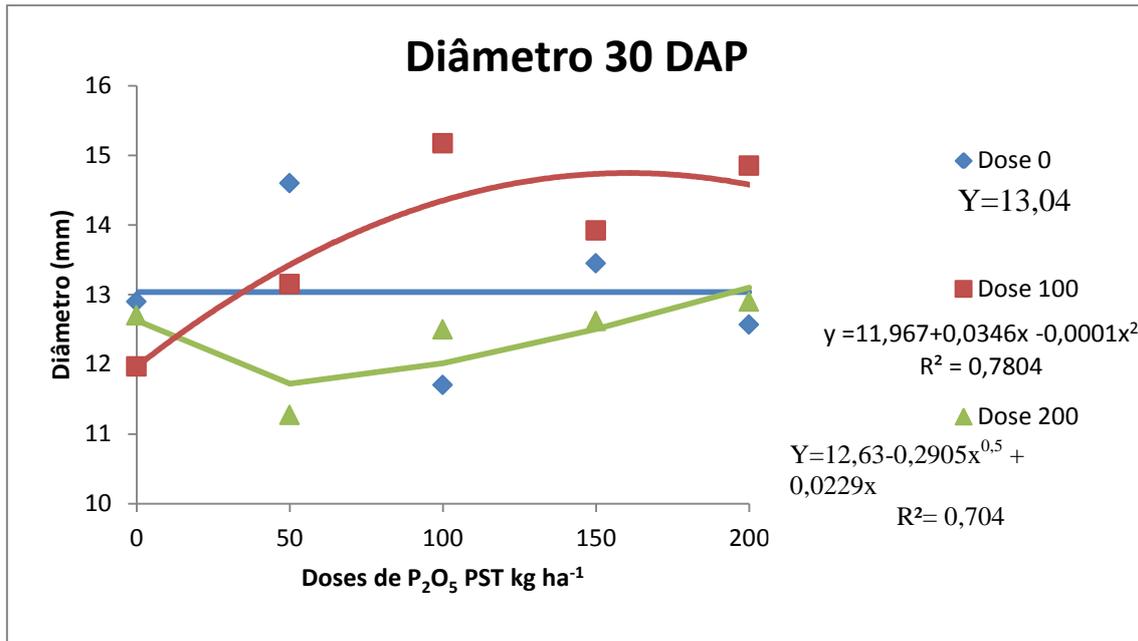


Figura 4- Diâmetro médio aos 90 dias após o plantio, em relação a interação significativa FRB x ST.

2.3.4 Índice de área foliar

De acordo com os dados do IAF, não houve diferença de acordo com o teste F ($P < 0,05$) entre doses e formas de aplicação de P sobre esta variável nas diferentes épocas de amostragem (Tabela 5). Santos (2009) verificou que no período de maior crescimento da cultura (120 a 240 DAP) o IAF apresentou valor superior a $3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, o que garantiu maior incremento em fitomassa. Segundo Oliveira (2005) altos valores de IAF não conseguem manter níveis altos de produção de matéria seca em virtude do auto-sombreamento contribuiu para redução de taxa fotossintética média.

Tabela 5- Análise de variância do índice de área foliar (m^2) da cana-de-açúcar sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo.

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)							
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	120 DAP					240 DAP					360 DAP							
0	1,75	1,55	1,72	1,65	1,62	1,66	1,92	1,45	1,45	1,80	1,48	1,62	1,67	1,20	1,68	1,68	1,53	1,63
100	1,50	1,55	2,10	2,15	1,90	1,84	1,73	1,65	1,83	1,93	1,65	1,76	1,50	1,68	1,55	1,90	1,53	1,63
200	1,52	1,13	1,95	2,15	1,50	1,65	1,83	1,50	1,90	2,07	1,72	1,80	1,85	1,60	1,78	1,98	1,62	1,76
Média	1,59	1,41	1,92	1,98	1,67	1,71	1,83	1,53	1,73	1,93	1,62	1,67	1,49	1,67	1,85	1,56		
Trat	GL	QM					QM					QM						
Blocos	3	7,2651**					2,0155**					1,6357**						
PST	4	0,6808 ^{ns}					0,2336 ^{ns}					0,2231 ^{ns}						
FRB	2	0,2286 ^{ns}					0,1711 ^{ns}					0,2362 ^{ns}						
Linear	1	0,0009 ^{ns}					0,3422 ^{ns}					0,4622 ^{ns}						
Quad	1	0,4563 ^{ns}					0,00008 ^{ns}					0,01 ^{ns}						
FRB x ST	8	0,1828 ^{ns}					0,0866 ^{ns}					0,0772 ^{ns}						
Resíduo	42	0,3972					0,1214					0,1214						
CV (%)		36,71					19,47					21,14						
Média		1,72					1,73					1,65						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05)

O IAF é influenciado pela disponibilidade hídrica, população de plantas e área foliar. Assim podemos ver os baixos valores médios encontrados neste experimento, onde encontrou valor médio de $1,73 m^2 m^{-2}$ aos 240 dias após o plantio. O baixo valor pode ser explicado pelo baixo desenvolvimento de perfilho no período de crescimento da população, além da pouca disponibilidade hídrica, ocasionando assim um baixo IAF.

2.3.5 Índices tecnológicos

Os valores obtidos para as variáveis Brix e Pureza estão discriminados na tabela 6. Os valores médios para Brix nos tratamentos constituídos de cinco doses de superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no fundo do sulco e três doses de fosfato reativo de Bayovar (0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em área total, não apresentaram diferença pelo teste F (P<0,05), em relação à forma de aplicação de fósforo, tendo uma média de 21,94%. Simões Neto (2012) verificou que a aplicação de P não influenciou no Brix. 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 com características industriais da cana-de-açúcar.

Tabela 6- Valores médios dos índices Tecnológicos [Brix e Pureza] da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)						
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	Brix(%)						Pureza (%)					
0	21,13	22,42	21,63	22,16	21,90	21,85	87,97	90,92	90,06	88,61	90,40	89,26
100	21,20	22,26	22,42	22,00	22,39	22,05	86,81	89,74	89,80	90,78	90,45	89,51
200	22,17	21,46	21,73	22,03	22,25	21,93	88,36	90,24	90,87	89,93	88,94	89,67
Média	21,50	22,05	21,93	22,06	22,18		87,71B	89,99A	90,24A	89,77A	89,93A	
Trat	GL	QM					QM					
Blocos	3	0,8074 ^{ns}					1,5399 ^{ns}					
P ST	4	1,3011 ^{ns}					13,8342**					
FRB	2	0,4224 ^{ns}					0,117 ^{ns}					
Linear	1	0,784 ^{ns}					0,0585 ^{ns}					
Quad	1	0,0607 ^{ns}					0,1755 ^{ns}					
FRB xPST	8	0,5006 ^{ns}					3,2177 ^{ns}					
Resíduo	42	0,6721					2,866					
CV (%)		3,72					1,89					
Média		21,94					89,5					

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05).

A pureza do caldo foi influenciada pela aplicação de PST no fundo do sulco, não apresentando significância a interação PST x FRB. Houve aumento da pureza à medida que se elevou a dose de superfosfato triplo (Figura 5). O efeito isolado das doses de superfosfato triplo para a pureza proporcionou comportamento quadrático, atingindo assim, a pureza máxima estimada de 91%, sendo necessários para isto, 184 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Vale destacar que todos os tratamentos apresentaram valores acima de 85%, o que é de fundamental importância para se ter uma boa qualidade do caldo, aumentando a qualidade do açúcar produzido e conseqüentemente seu valor econômico. Em São Paulo recomenda-se teor mínimo de pureza do caldo de 80% para industrialização da cana-de-açúcar no início da safra e de 85% no final da safra (Franco, 2003).

De acordo com as normas de qualidade da matéria prima propostas pelo CONSECANA (2006), as unidades industriais poderão recusar o recebimento de carregamentos com pureza abaixo de 75%.

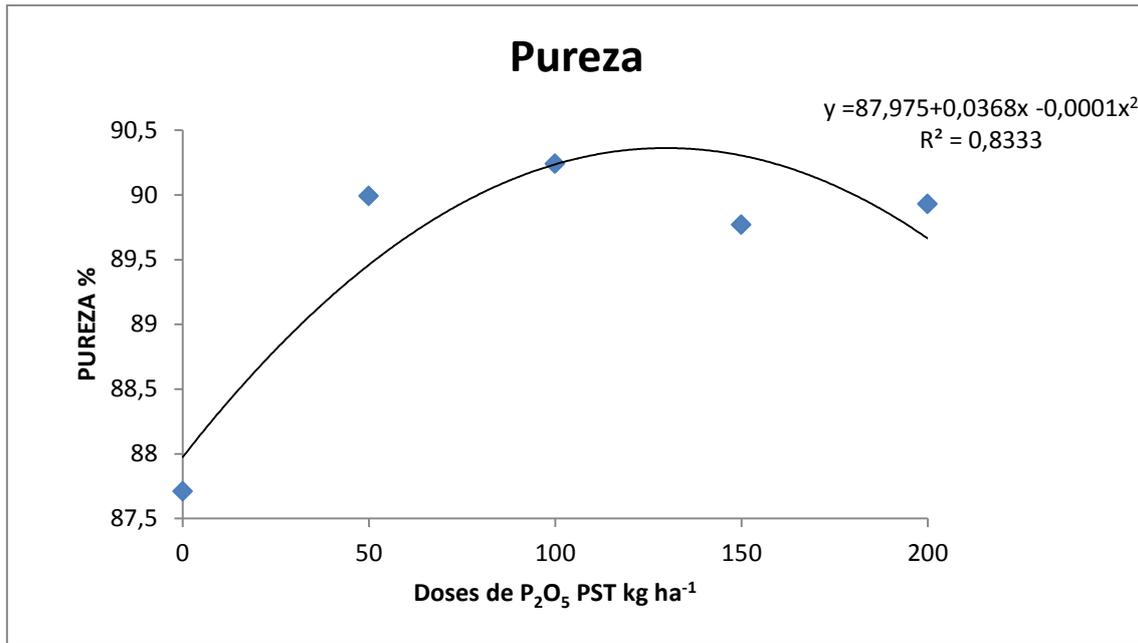


Figura 5- Pureza do caldo, em relação as doses aplicadas em fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo.

Os dados referentes à Fibra, Pol da cana corrigida (PCC) e Açúcar total recuperável (ATR) encontram-se na tabela 7.

Tabela 7-Valores médios dos Índices Tecnológicos [Fibra, Pol da cana corrigida (PCC) e ATR] da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)							
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	Fibra (%)					PCC(%)					ATR (kg t cana ⁻¹)							
0	13,43	12,73	12,86	13,34	13,34	13,14	15,36	17,05	16,25	16,26	16,38	16,26	150,0	165,2	157,9	158,2	158,9	158,0
100	13,49	12,80	12,99	13,44	13,16	13,18	15,21	16,69	16,76	16,51	16,81	16,40	148,7	162,1	162,7	160,1	163,0	159,3
200	13,78	13,31	12,64	13,14	13,76	13,33	16,08	16,78	16,54	16,47	16,25	16,42	156,6	162,7	160,4	159,9	158,0	159,5
Média	13,57	12,95	12,83	13,31	13,42		15,55	16,84	16,52	16,41	16,48		151,8	163,3	160,3	159,4	160,0	
Trat	GL	QM				QM				QM								
Blocos	3	0,6085 ^{ns}				1,0443 ^{ns}				88,1413 ^{ns}								
PST	4	1,1776**				2,7841*				222,6442*								
FRB	2	0,198 ^{ns}				0,1492 ^{ns}				12,9691 ^{ns}								
Linear	1	0,3572 ^{ns}				0,2624 ^{ns}				22,2457 ^{ns}								
Quad	1	0,0389 ^{ns}				0,0361 ^{ns}				3,6925 ^{ns}								
FRB xPST	8	0,2359 ^{ns}				0,3812 ^{ns}				30,9665 ^{ns}								
Resíduo	42	0,2867				0,7678				62,9465 ^{ns}								
CV (%)		4,05				5,36				4,99								
Média		13,21				16,36				159								

(¹) Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05).

Os dados de Fibra apresentaram diferença com relação às doses de PST aplicadas no fundo do sulco. Houve uma variação do valor de 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%, ficando o restante das variáveis em nível

intermediário.(Figura 6). Vale ressaltar que quanto menor o valor da fibra, melhor será a qualidade da cana-de-açúcar para produzir açúcar. Franco (2003) menciona que os níveis de fibra de uma cana normal devem oscilar numa faixa de aproximadamente 10-13%, já Fernandes (2003) mostrou que a fibra industrial oscilou entre 13 – 14%. Simões Neto (2012) analisando características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, não encontrou valores significativos em relação à Fibra.

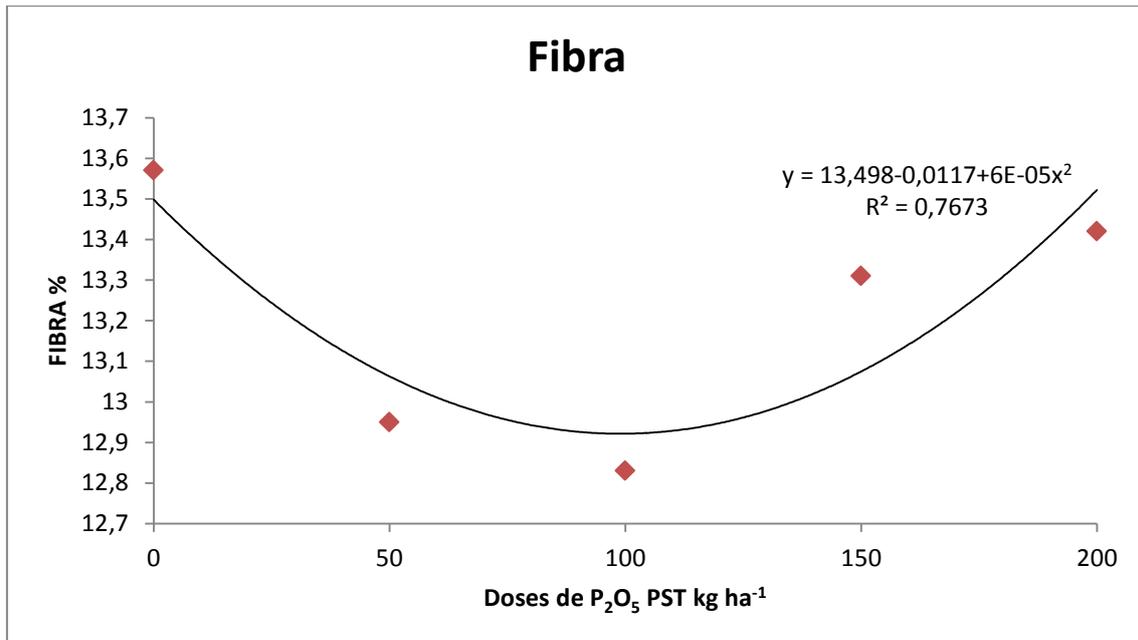


Figura 6- Fibra(%) da cana-de-açúcar, em relação as doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco de plantio.

Os valores do PCC foram significativos em nível de 1% de probabilidade de acordo com o teste F com relação à aplicação de fósforo no fundo do sulco através da fonte PST, sendo a dose 50 kg ha⁻¹ a que apresentou maior teor de sacarose, que será extraída da cana, contribuindo assim para melhor preço da cana-de-açúcar (Figura 7).. Elamin et al. (2007) informaram que a deficiência desse elemento (P) resulta em decréscimo significativo no acúmulo de sacarose, uma vez que a adubação fosfatada afeta diretamente a quantidade de açúcar na cana-de-açúcar.

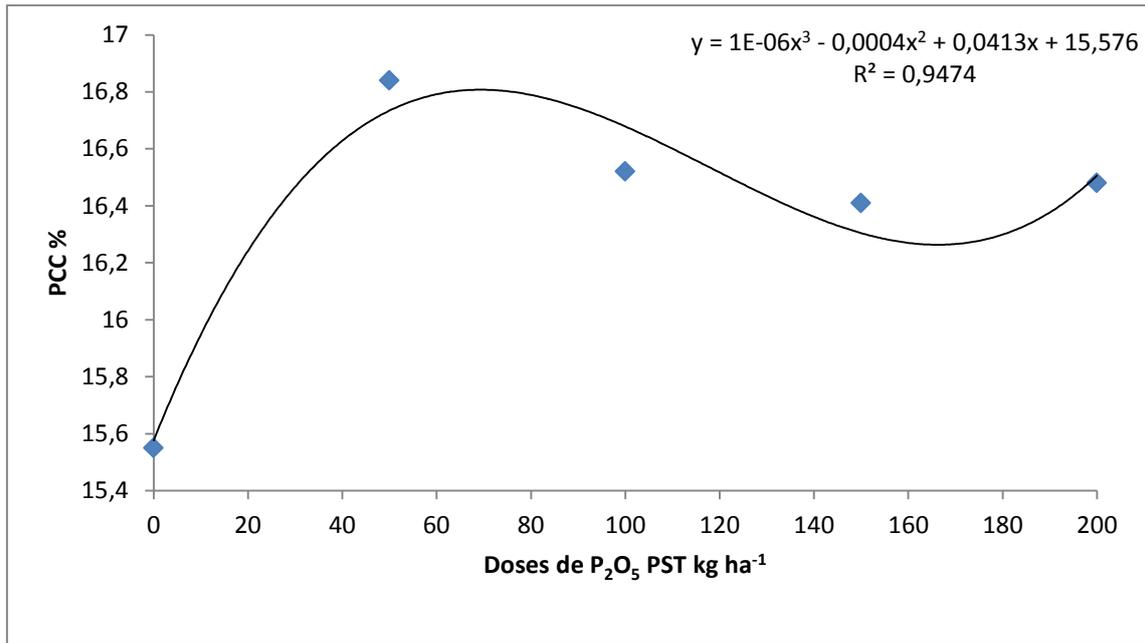


Figura 7-Pol da cana corrigida (PCC), em relação as doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco de plantio.

Foi verificado um efeito das doses de PST aplicado no fundo do sulco de plantio sobre o ATR, possibilitando obtenção de maiores valores comparativamente ao tratamento de PST. A dose 50 kg ha⁻¹ de PST contribuiu para recuperação de 163,3 kg de sacarose por tonelada de cana (Figura 8). O efeito isolado das doses de PST para o ATR proporcionou comportamento quadrático, atingindo assim, o ATR máximo estimado de 161,66 kg t cana⁻¹, sendo necessários para isto, 114,66 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As doses aplicadas em área total com o FRB, não influenciaram nos valores médios finais de ATR. Korndörfer & Melo (2009), avaliando o efeito de diferentes formas de P em características agroindustriais da variedade de cana-de-açúcar SP71-1406, verificaram que os adubos fosfatados aplicados ao solo não tiveram correlação ao ATR.

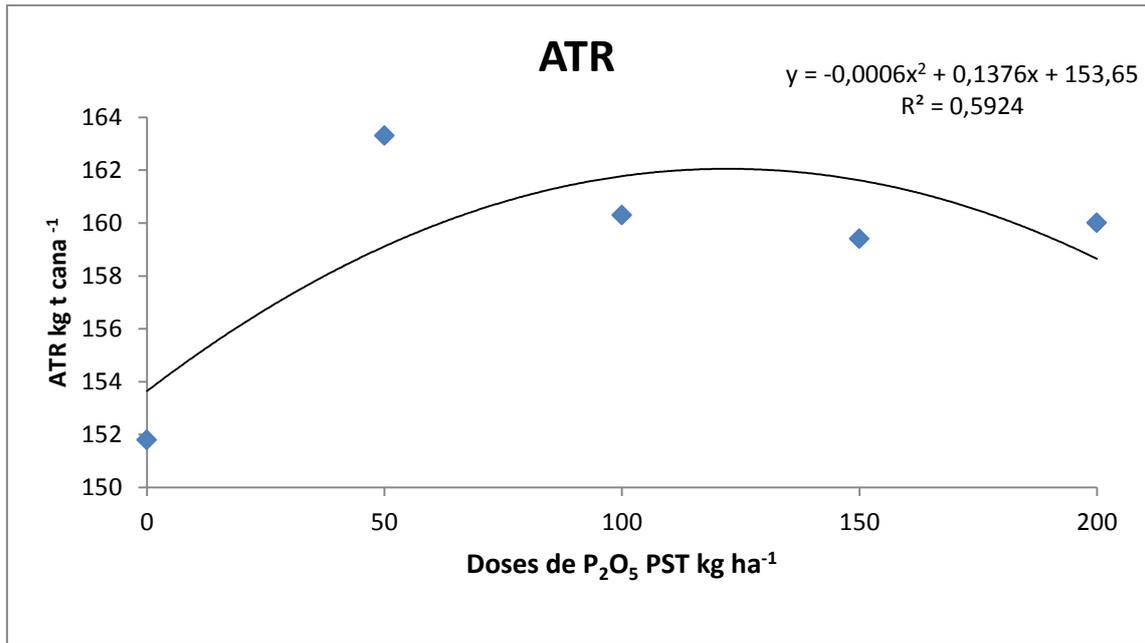


Figura 8- Comportamento dos açúcares totais recuperáveis (ATR) da cana-de-açúcar, em relação as doses aplicadas em fundo de sulco, através da fonte superfosfato triplo.

Na tabela 8 temos os dados de produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar, sob diferentes doses e formas de aplicação de P. Houve diferença com relação à aplicação de FRB, sendo a dose 200 kg ha⁻¹ a que apresentou maior média de produção com 59,3 t ha⁻¹ comparada com as demais doses, 0 e 100 kg ha⁻¹ que apresentaram valores de ATR de 56 e 54,7 t ha⁻¹ respectivamente. Com relação às doses aplicadas no fundo do sulco houve diferença significativa entre as médias, onde as doses 50, 100 e 150 kg ha⁻¹, obtiveram diferença com relação as outras doses. Os dados de produtividade agrícola apresentou uma interação significativa ao nível de 1% de probabilidade de acordo com o teste F. Onde achou a equação de regressão que melhor representa os dados (Figura 9) e a partir dela foi feito a derivada para se achar a produção máxima e a dose máxima de P₂O₅.

A aplicação de PST no fundo do sulco de plantio, na ausência de FRB, obteve uma dose máxima de 77,9 kg de P₂O₅ para se ter uma produção máxima de 56,7 t ha⁻¹. Para a dose 100 kg ha⁻¹ aplicada em área total com relação às doses de superfosfato triplo aplicado em fundo do sulco, obteve-se uma dose máxima de 103,7 kg de P₂O₅ e com esta dose se obteve a produção máxima de 59,8 t ha⁻¹. A dose 200 kg ha⁻¹ de fosfato reativo natural de Bayovar aplicado em área total em relação as doses aplicadas no fundo do sulco de superfosfato triplo apresentou uma dose máxima de 99,8 kg de P₂O₅ para se ter uma produção máxima de 67,3 t ha⁻¹.

Tabela 8- Produtividade Agrícola e Produtividade Industrial da cana-de-açúcar (RB92579), sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)					Sulco (kg ha ⁻¹)							
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	
	TCH t ha ⁻¹					TPH t pol ha ⁻¹							
0	50,2	56,2	59,1	51,7	56,2	54,7	7,7	9,6	9,6	8,4	9,2	8,9	
100	53,4	54,5	59,5	61,8	51	56	8,2	9,1	9,9	10,1	8,6	9,18	
200	51,6	62,9	67,3	63,6	50,9	59,3	8,3	10,6	11,1	10,5	8,2	9,74	
Média	51,7	57,9	61,9	59	52,7		8,06	9,77	10,2	9,67	8,67		
Trat	GL	QM					QM						
Blocos	3	29,5873 ^{ns}					2,1489 ^{ns}						
PST	4	225,308**					9,4637**						
FRB Linear	1	207,4804*					6,9722*						
FRB Quad	1	11,2241 ^{ns}					0,1888 ^{ns}						
FRB xP ST	8	65,9453*					1,9151 ^{ns}						
Resíduo	42	28,9596					1,2107						
CV (%)		9,5					11,8						
Média		56,66					9,27						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F (P<0,05).

Santos (2009) estudando fontes e formas de aplicação de P do solo verificou que houve diferença significativa com relação a produtividade que variou de 71,3 t ha⁻¹ na testemunha a 91,5 t ha⁻¹ PST. Korndörfer (2009) verificou que resposta positiva foi observada na produção de colmos com o incremento das doses de PST onde a dose 100 kg ha⁻¹ garantiu uma produtividade de 143,2 t ha⁻¹. Caione et al (2011) analisando formas de aplicação e doses de P em cana-de-açúcar conclui 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.

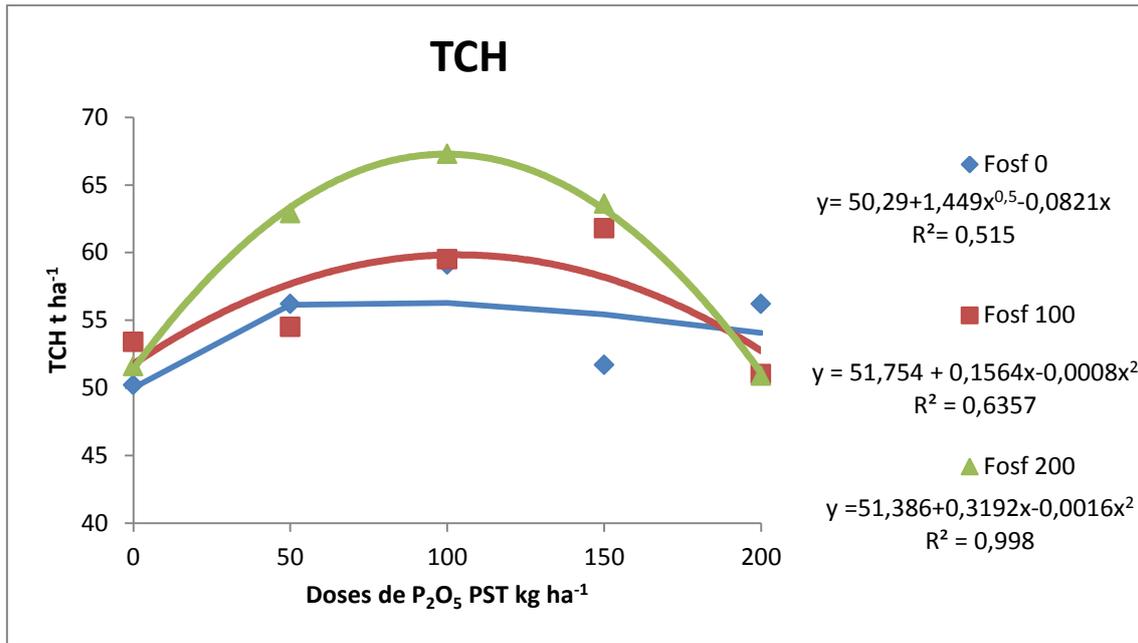


Figura 9- Produtividade agrícola da cana-de-açúcar, em relação à interação significativa entre a fonte FRB x ST.

Os valores referentes à TPH foi influenciada tanto pela dose de PST aplicada no fundo do sulco e nas doses aplicadas em área total através do FRB. Utilizando a equação de regressão que melhor representou os dados, fez-se a derivada da mesma achando assim a dose máxima de 96,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado no fundo do sulco que resulta na produção máxima de 10,01 t pol ha⁻¹ de TPH (Figura 10). O TPH por ser uma variável obtida a partir dos valores de TCH e PCC, foi influenciada pelas condições ambientais: A baixa precipitação pluviométrica durante o período experimental propiciou redução do TCH, refletindo diretamente sobre a diminuição do TPH.

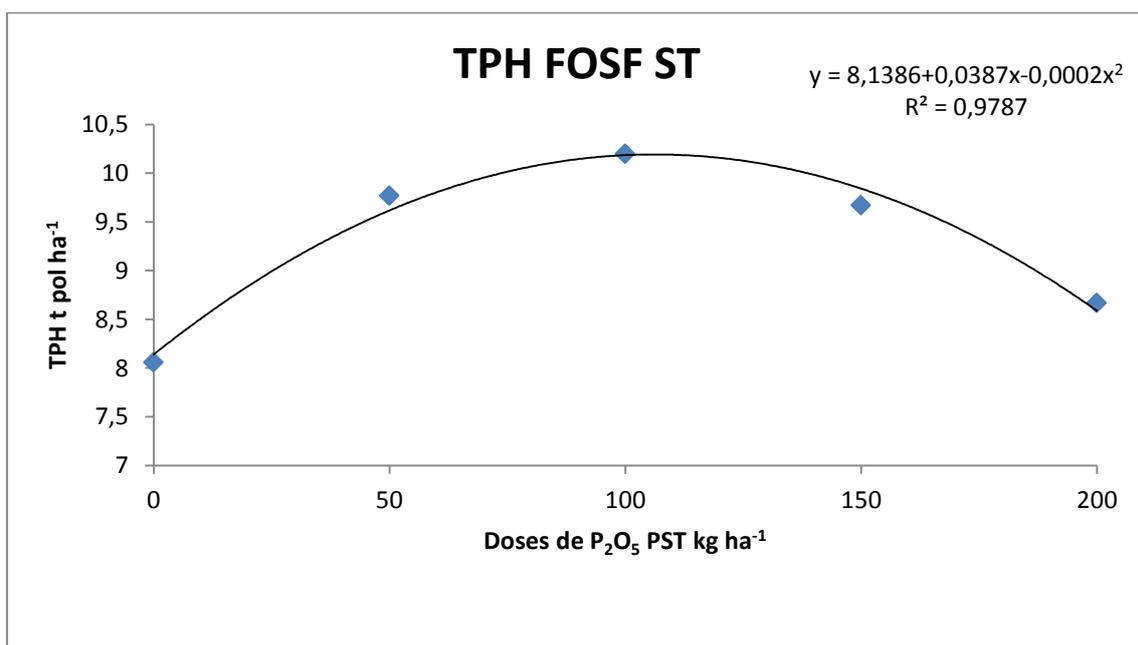


Figura 10- Valor de TPH, em relação às doses aplicadas em fundo do sulco através da fonte superfosfato triplo

Em relação à significância que houve referente às doses aplicadas em área total através do FRB, resultou em elevação diretamente proporcional aos valores de TPH (Figura 11).

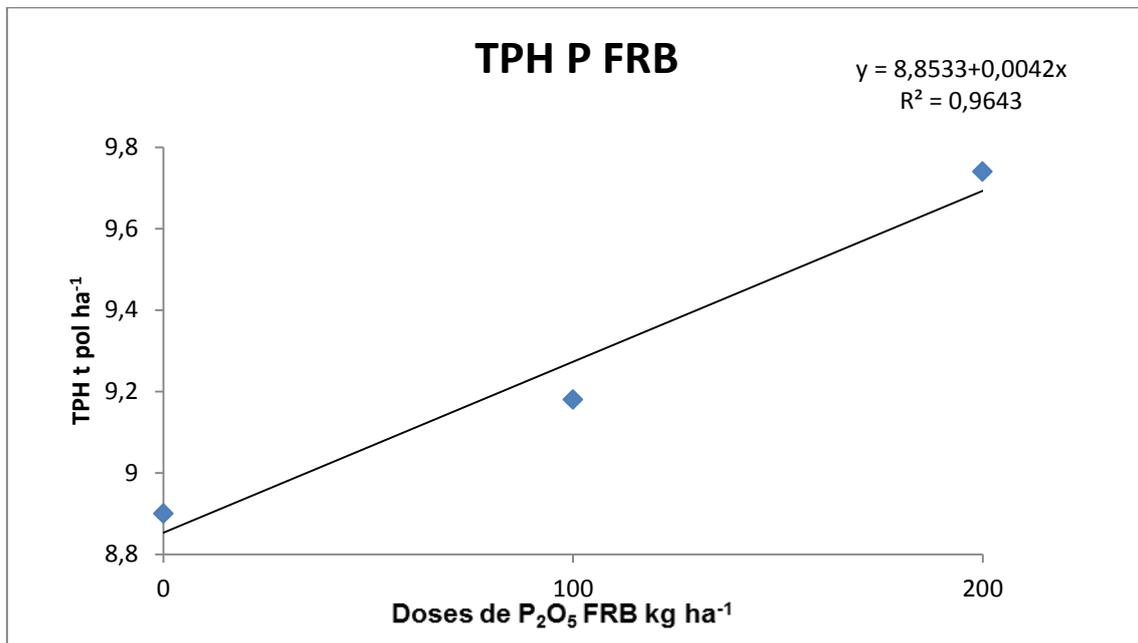


Figura 11- Valor de TPH em relação à aplicação do Fosfato natural reativo de Bayovar, aplicado em área total. Como a equação se comportou de maneira linear, a dose máxima encontrada foi a de 200 kg ha⁻¹ e o valor máximo de TPH para o FRB foi de 9,96 t pol ha⁻¹.

Simões Neto (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, indicando limitação dos solos pela deficiência ou baixa disponibilidade deste nutriente, independente de suas características químicas, físicas ou mineralógicas.

2.4 CONCLUSÕES

- 1- A aplicação de fósforo não influenciou as variáveis altura de plantas, Índice de área foliar e Brix da cana.
- 2- Os valores de açúcares totais recuperáveis, Pureza, Fibra, PCC e TPH foram influenciados pela aplicação de PST no fundo do sulco.
- 3- O fosfato natural reativo de Bayovar proporcionou um aumento no resultado final de TPH.
- 4- A utilização do fosfato reativo de Bayovar com o superfosfato triplo, obteve produção máxima de cana-de-açúcar quando se utilizou a dose de 99,8 kg de P_2O_5 .

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; SANTOS, V. P. S.; RIBEIRO, C. A. G.; BARRETO, E. J. S.; FILHO, G. M.; SOUZA, J. L.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. M.; FERREIRA, P. V.; SILVA, W. C. M.; **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar. Boletim Técnico.** Rio Largo, AL, n.2, Agosto, 2003
- CAIONE G., TEIXEIRA, M. T. R., LANGE, A., DA SILVA, A.F., FERNANDES, F.M. 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.
- CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústria sucroalcooleiras.** Maceió: Sindicato da Indústria e do Alcool e Açúcar do Estado de Alagoas, 1998. 438p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira : cana-de- açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2012 - **Companhia Nacional de Abastecimento.** Brasília : Conab 2012.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções.** Piracicaba: CONSECANA, 1999. 92p
- CONSECANA. **Manual de instruções.** Piracicaba: Edição Consecana, 2006. 116p. 2
- CRSPCTS/PB- Comissão Regional do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose no Estado da Paraíba. Manual técnico operacional. João Pessoa, ed.4,1997. 238p.
- ELAMIN, E. A.; ELTILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; IBRAHIM, S. H.; ELSHEIKH, M. A.; BABIKER, E. E. The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. **Journal of Applied Sciences**, v.7, p.2345-2350, 2007.

Farias, C. H. de A.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Dantas Neto, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.13, n.4, p.419–428, 2009.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2003. 240 p.

FIGUEIREDO FILHO, C. P. Avaliação da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com hiperfosfato natural reativo. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.259-263.

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. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

HERMANN, E. R.; CÂMARA. G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n.5, p. 32-34. 1999.

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.

LIMA FILHO, S.A.; ZAMBELLO JÚNIOR,E; ORLANDO FILHO, J. Doses e fontes de fósforo em cana planta no estado de São Paulo. **Saccharum**, São Paulo, v.5, n.21, 36 p.37-43, 1982.

MORAIS, J. F. B. **Estimativa da área foliar de quatro variedades de cana-de-açúcar**. 2004. 16f Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

- MOURA, M.V.P.S.; FARIAS, C.H.A.; AZEVEDO, C.A.V.; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, A.M.;PORDEUS, R.V. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-deaçúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.753-760, 2005.
- OLIVEIRA, R. A.; DONAS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOECHER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de- açúcar no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Revista Scientia Agrária**, v.6, p.85-89, 2005.
- OLIVEIRA, R. A. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 37, p.71-76, 2007.
- SANTOS, D.H. **Adubação da cana-de-açúcar com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente: UNOESTE. 2009, 35p.
- SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.389-396, 2009
- SILVA, L. C. Análise de crescimento e acúmulo de nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região de Coruripe-AL. 2007, 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- SILVA, V. T. DA. Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete cultivares de cana-de-açúcar, em cana-soca, na região de Coruripe, Al. 2011, 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.
- SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar. Recife:UFRPE, **Imprensa Universitária**, 2005. 28p.
- SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A.C., ROCHA, A. T ,FREIRE F. J.; FREIRE, A. , M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. A. W. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em

função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.4, p.347–354, 2012

WIEDENFELD, B.; ENCISO, J. Surgacane responses to irrigation and nitrogen in semi arid South Texas. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p. 665-671, 2008.

CAPÍTULO III

Teores de fósforo no solo e folhas de cana-de-açúcar sob doses e formas de aplicação de fósforo

William A. R. Rodrigues¹, Abel W. de Albuquerque², Gilson M. Filho², Leila C. da Silva³, Antony Moura⁴

Resumo: Os teores do fósforo no solo e nas folhas de cana-de-açúcar são informações básicas para um melhor manejo da adubação e, por conseguinte, melhores resultados na produtividade da cana-de-açúcar. Objetivando avaliar os teores de fósforo no solo e nas folhas de cana-de-açúcar em diferentes doses e formas de aplicação, conduziu-se em um experimento de campo com 15 tratamentos, onde foram aplicados cinco doses de superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no fundo do sulco e três doses de fosfato reativo de bayovar (0, 100 e 200 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas em área total do plantio, totalizando 60 parcelas. O delineamento estatístico foi em blocos ao acaso dispostos em um arranjo fatorial com 4 repetições. O experimento foi realizado na fazenda Marituba, pertencente à Usina Paisa, no município de Penedo-Al. Foram avaliados as concentrações de fósforo no tecido foliar e os teores de fósforo no solo. A dose 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do fosfato natural reativo de Bayovar (FRB) em relação às doses de superfosfato triplo, a produção máxima de cana-de-açúcar (67,3 t ha⁻¹) foi obtida com um nível crítico de 88,1 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,2 m. Para a camada de 0,2 – 0,4 m a produção máxima de 67,3 t ha⁻¹, foi obtida com o valor do nível crítico de 33,28 mg dm⁻³. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo em área total (FRB). O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo no fundo do sulco com a fonte superfosfato triplo.

Palavras-chave: Adubação, Fósforo no tecido Foliar, Fósforo disponível no solo, cana-de-açúcar

¹Engenheiro Agrônomo, Msc em produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL. E-mail: william_rodrigues@hotmail.com

²Prof. Dr. Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, AL

³Engenheira Agrônoma, Dra. em Ciência do solos, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. E-mail: leila.ufal@yahoo.com.br

⁴Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca. E-mail: tonymoura.agro2011@hotmail.com

Phosphorus in the soil and leaf culture of sugar cane in doses and forms of phosphorus application

Abstract: Check the amount of phosphorus in soil and leaf , enables better management and better final results in productivity of cane sugar. To evaluate the levels of phosphorus in soil and leaf cane sugar in different doses and application forms, was conducted in a field experiment with 15 treatments with five triple superphosphate (0 , 50 , 100 , 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied at the bottom of the furrow and three doses of reactive rock phosphate Bayvoar (0 , 100 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅) applied to the total area of planting , totaling 60 plots . The experimental design was a randomized block design arranged in a factorial design with four replications . The experiment was conducted at the Marituba belonging, Paisa Plant to the municipality of Penedo, AL . We evaluated the concentrations of P in leaf tissue and levels of available phosphorus in the soil . The rate of 200 kg ha⁻¹ of FRB regarding triple superphosphate , the production maximum , with 67.3 t ha⁻¹ with a critical level of 88.1 mg dm⁻³ layer 0-0,2 m . For the 0,2- 0.4 m layer to have the maximum production , the value of critical level was 33,28 mg dm⁻³. The phosphorus content increased as foliar applied phosphorus in total area. The phosphorus content increased as foliar applied in the bottom of the groove match with the source superphosphate.

Key words: fertilization, Leaf tissue phosphorus , available phosphorus in the soil , sugar cane.

3. INTRODUÇÃO

Os solos dos tabuleiros costeiros geralmente apresentam baixa fertilidade com relação ao fósforo. A recomendação de doses adequadas desse nutriente deve ser baseada na utilização de métodos que extraíam o P disponível do solo, para que se possam estabelecer os níveis críticos do nutriente, para uma determinada produtividade esperada e economicamente viável. Em cana-de-açúcar o P assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final (Simões Neto et al, 2011)

A cana-de-açúcar é uma cultura exigente em relação à fertilidade do solo, dentre os nutrientes exigidos, o fósforo do ponto de vista nutricional assume grande importância. Considerado como um elemento essencial para as plantas, o fósforo se encontra em baixa quantidade nos solos brasileiros. Em relação a outros macronutrientes, é requerido em menor quantidade pela planta, porém as adubações são elevadas, pelas características apresentadas por diferentes tipos de solo, que fazem com que a maior parte do P adicionado se torne indisponível à planta (Malavolta et al., 1967, Bastos et al., 2008).

A deficiência de fósforo pode reduzir a absorção de nitrogênio e dificultar a clarificação do caldo durante a industrialização. Baixos teores deste elemento no caldo dificultam a floculação e, neste caso, a decantação das impurezas (bagacilho, argila, clorofila, entre outros). Caldo turvo e de coloração intensa implica na produção de açúcar de baixa qualidade, portanto, de menor valor comercial (Mahadevaiah et al., 2007, Santos et al., 2010).

Rosseto et al (2002), obtiveram para teores de P disponíveis no solo aos 4 meses de plantio na camada de 0-0,2 m, valores em torno de 60 mg dm^{-3} para o tratamento com super triplo no fundo do sulco. Duarte Júnior & Coelho (2008) analisando a cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação obtiveram para os teores de P no tecido foliar de cana-de-açúcar valores de 5,5 a $6,3 \text{ g kg}^{-1}$. Rosseto (2011), analisando diversas fontes de fosforo, verificou uma diferença significativa com relação aos teores foliar, onde a fonte super triplo contribuiu para um maior teor de fósforo foliar ($1,5 \text{ g kg}^{-1}$), em relação a testemunha ($1,0 \text{ g kg}^{-1}$) sem aplicação de fósforo.

Demattê (2005), considerando uma produção, ao longo de cinco colheitas, de 400 toneladas de cana-de-açúcar, fez um cálculo sobre o balanço de fósforo no solo, utilizando uma dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 no plantio, determinou uma extração de 0,43 kg de fósforo por tonelada de massa verde e fixação de fósforo de 30%

Reunindo os valores apresentados por, Korndorfer e Alcarde (1992), Rajj et al.(1996),Malavolta et al. (1997), Prado et al. (2001, 2002) e Reis Jr. e Monnerat (2003),

pode-se afirmar que a cana está bem nutrida quando seus teores foliares de P, entre 1,2 e 3,0 g kg⁻¹.

Vendo a importância dos teores de P no solo e no tecido foliar é necessário analisar quantidade de nutrientes que se encontram no solo e na folha, para que com isso possamos verificar qual o melhor método de aplicação do nutriente, qual a dose recomendada, qual a melhor forma de aplicação, para que se tenha um maior resultado final de produção.

Neste contexto o presente trabalho teve como objetivo analisar os valores de fósforo disponível no solo e a quantidade de fósforo presente no tecido foliar da cultura da cana-de-açúcar, sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo no solo.

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.1 Caracterização do ambiente experimental

Para avaliar os efeitos da aplicação do fosfato reativo natural de Bayovar (FRB) e superfosfato triplo em solo cultivado com cana-de-açúcar, foi conduzido, no período de fevereiro de 2012 a fevereiro 2013 (Figura 12), um experimento em área comercial na fazenda Marituba, lote 24 da Usina Paisa, localizada no município de Penedo, Zona da Mata do Estado de Alagoas (Figura 12). A temperatura média característica da região foi de 26,2°C, com médias máximas de 30,5°C e média mínima de 21,9°C. A umidade relativa do ar variou entre 65% e 95%. A precipitação pluvial na época de implantação do experimento até sua colheita foi de 1321,7 mm e teve uma ETo de 1617 mm. O período chuvoso se estendeu de maio ao início de agosto (Figura 13).



Figura 12- Área experimental cultivada com cana-de-açúcar, sob diferentes doses e formas de aplicação de fósforo na Usina Paisa, Penedo, AL.

A área experimental está situada em Tabuleiro Costeiro em solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado, textura média. As características químicas do solo encontram-se na tabela 9.

Tabela 9- Caracterização química do solo da área experimental em duas profundidades, Usina Paisa, Penedo, AL, 2011

	PH (H ₂ O)	Na	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V	M.O.
		-----mg dm ⁻³ -----			-----cmolc dm ⁻³ -----						---%---	
0-20	6,4	11	5	15	3,9	2,4	1,5	0,01	2,1	6,09	65,5	1,03
20-40	6,2	7	2	14	2,1	1,1	1	0,03	1,7	3,87	56	0,4

O manejo do solo consistiu de uma gradagem e sulcação como auxílio de um trator sulcador. Não houve necessidade de fazer a correção da acidez do solo, por se encontrar próximo a 60% de saturação por base. Todo o N e o K foram aplicados no fundo do sulco de

plântio, juntamente com as doses de P; para o N, a dose padrão em todos os tratamentos foi de 70 kg ha⁻¹, utilizando-se como fonte o sulfato de amônio e 140 kg ha⁻¹ para o K₂O onde a fonte foi o cloreto de potássio.

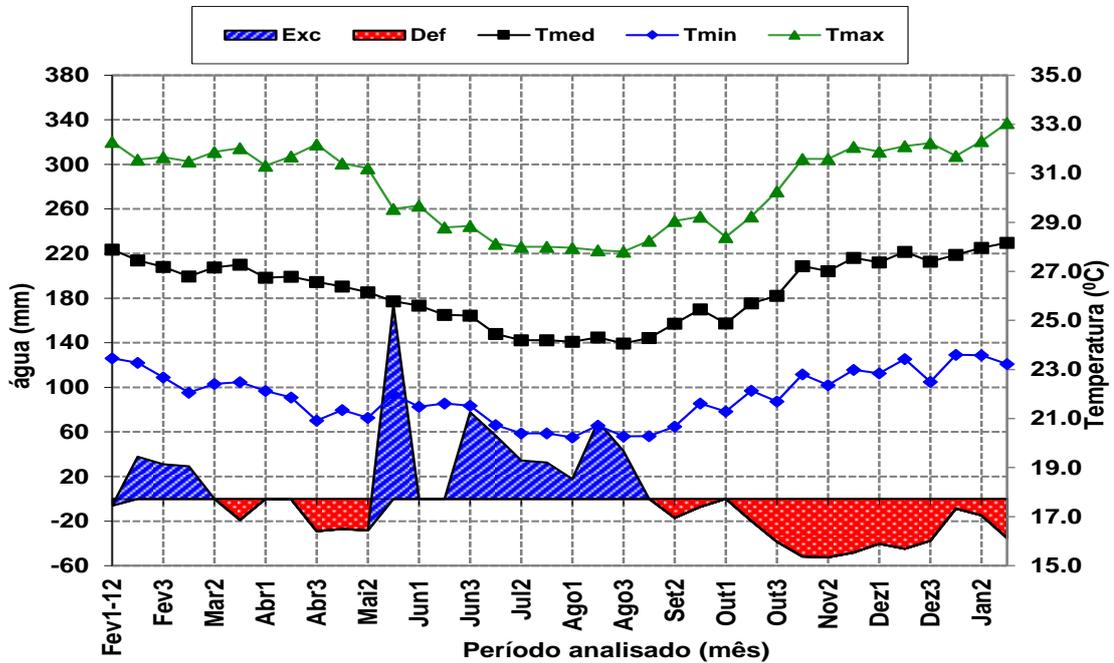


Figura 13- Balanço hídrico e temperatura média decenal para o período de implantação a colheita do experimento, Fazenda Marituba, Usina Paisa, Penedo, AL

3.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados desposto em um arranjo fatorial, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por de cinco doses de P₂O₅ proveniente da fonte superfosfato triplo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas no fundo do sulco e três doses de P₂O₅ com a fonte fosfato reativo de Bayovar (0, 100 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas em área total do plântio. Cada parcela foi composta de oito linhas de cana-de-açúcar com 20 m de comprimento em um espaçamento combinado de 1,4m x 0,9m, sendo a área útil constituída pelas 4 linhas centrais, com 10 m de comprimento. No plântio da cana-de-açúcar ficou estabelecida uma densidade de plântio de 12 gemas por metro linear (Figura 14).



Figura 14: Área experimental e densidade de plantio de cana-de-açúcar, Usina Paise, Penedo, Al.

A adubação realizada no suco de plantio, foi de 70 kg ha^{-1} N onde utilizou-se a fonte sulfato de amônia e 140 kg ha^{-1} de K_2O , através da fonte cloreto de potássio. A recomendação foi baseada de acordo com a recomendação padrão utilizada na Usina Paise.

3.1.3 Caracterização da variedade

Utilizou-se a variedade RB92579, selecionada para o experimento devido as suas características de adaptação regional e representatividade no estado de Alagoas, tendo como características morfológicas: hábito de crescimento ereto, arquitetura foliar com pontas curvas, copa de volume regular e tonalidade intermediária, folhas de limbo largo e fraco serrilhamento do bordo, difícil despalha, palmito curto de seção circular de cor verde-roxa e fraca presença de cera, entrenós cilíndricos de comprimento e diâmetro médios de aspecto manchado com pouca cera, de cor roxa ao sol e amarelo-verde sob a palha e gema do tipo triangular.

As características agroindustriais que mais se destacam na variedade RB92579 são: alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionam um bom fechamento de entrelinhas. Considerada de maturação média, esta variedade apresenta no meio de safra, alta produtividade agrícola e teor de sacarose alto, com longo período de utilização industrial (PUI), e médio teor de fibra. Não apresenta restrição ao ambiente de produção. Intermediária a escaldadura das folhas e resistente a ferrugem (BARBOSA et.al. 2003).

3.1.4 Procedimentos da análise química do solo e foliar

Aos 240 dias após o plantio (DAP) foi avaliado o estado nutricional da cana-de-açúcar por meio da coleta da folha-índice (+3), contada a partir da primeira folha com bainha visível, coletando-se o terço médio da folha, excluindo-se a nervura central. Cada amostra foi constituída de 30 folhas, coletadas, aleatoriamente, dentro da área útil das parcelas. Em seguida as amostras foram transferidas para o Centro de Ciências Agrárias- UFAL para serem secas a 65°C em estufa com circulação forçada de ar até atingir peso constante. Posteriormente, procedeu-se a moagem (em moinho tipo Willey) das amostras para determinação do teor total de fósforo na folha da cana-de-açúcar segundo (Embrapa, 2000).

No mesmo período foi avaliado o teor de fósforo no solo, por meio de coleta em nove pontos na parcela a uma profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm na linha de plantio da cana-de-açúcar. Após a coleta, o solo foi seco a temperatura ambiente e posteriormente passada em peneira onde se retirou uma amostra para ser feito a análise laboratorial (Figura 15). Todo o procedimento laboratorial para se obter os teores de fósforo disponível no solo foi seguido através da recomendação da Profert MG (2005).



Figura 15: Coleta de solo para análise química e secagem a temperatura ambiente,.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste F ($P < 0,05\%$) através do programa estatístico SAEG 5.0. Foram realizadas as análises de regressão, sendo os coeficientes dos componentes de cada modelo testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2 ajustado) através do programa Fcalc. Com base nos modelos de regressão selecionados para produção agrícola, foram calculadas as doses necessárias para atingir a produção máxima, que foram denominadas de doses de máxima eficiência.

Após encontrar as doses de máxima eficiência, utilizou a mesma, nas equações de regressão para assim encontrar os valores de nível crítico de fósforo no solo e no tecido foliar.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de fósforo disponível no solo na camada de 0-0,2m e 0,2-0,4m, assim como os teores de fósforo no solo encontram-se descritos na Tabela 10.

As médias dos teores de P_2O_5 referentes as fontes de fosfato reativo natural aplicado em área total e superfosfato triplo aplicado em fundo do sulco na camada de 0 – 0,2 m foram significativos a 1% de probabilidade de acordo com o teste F ($P < 0,05$). A interação entre o fosfato superfosfato triplo (PST) e o fosfato reativo de Bayovar (FRB) foi significativa ao nível de 1% de probabilidade de acordo com o teste F (Tabela 10).

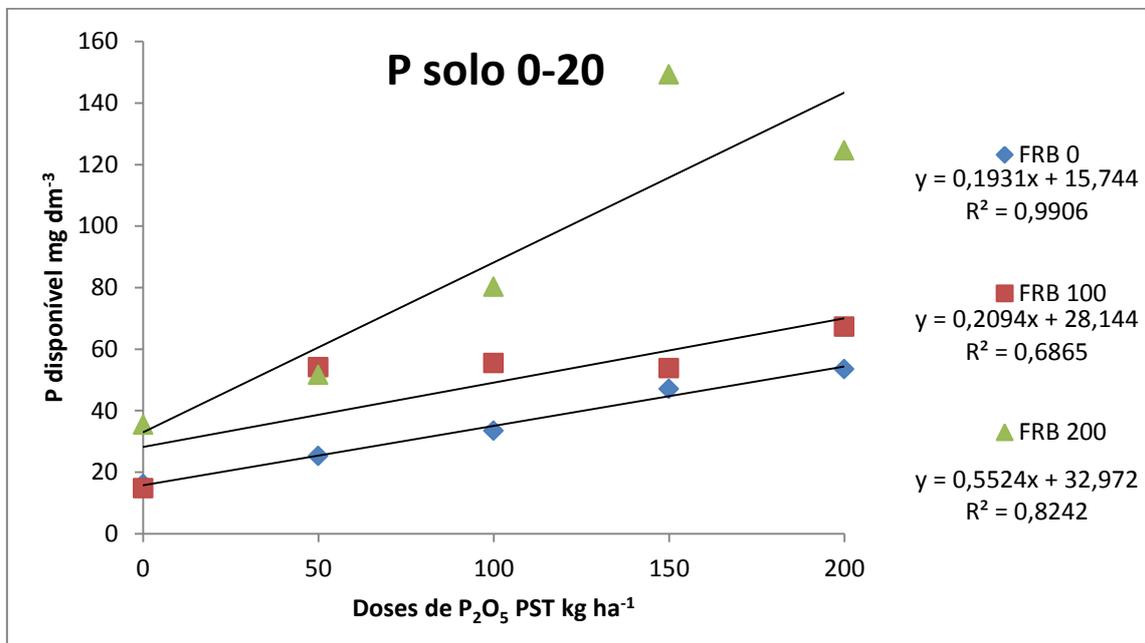
Tabela 10- Análise de variância dos teores de fósforo disponível no solo e no tecido foliar na cultura da cana-de-açúcar sob doses e formas de aplicação de fósforo.

Superfície kg ha ⁻¹	Sulco (kg ha ⁻¹)						Sulco (kg ha ⁻¹)											
	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média	0	50	100	150	200	Média
	P S disponível 0-0,2m (mg dm ⁻³)						P S disponível 0,2-0,4 m(mg dm ⁻³)						P foliar total(g kg ⁻¹)					
0	16,1	25,2	33,4	47,0	53,5	35,1	12,6	22,1	17,2	36,0	53,3	28,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,60	1,41
100	14,7	54,1	55,4	53,8	67,3	49,1	14,0	20,3	35,3	34,9	42,2	29,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,47	1,42
200	35,4	51,5	80,2	149,3	124,6	88,2	11,6	27,4	33,1	45,6	48,8	33,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,57	1,5
Média	22,1	43,6	56,3	83,4	81,8		12,7	23,3	28,5	38,8	48,1		1,3	1,4	1,4	1,5	1,54	
Trat	GL	QM					QM					QM						
Bloco	3	28,1157 ^{ns}					68,7364 ^{ns}					0,0058 ^{ns}						
PST	4	8127,71**					2251,07**					0,092**						
FRB Linear	1	28291,8**					257,55*					0,0391*						
FRB Quad	1	2105,05**					26,41 ^{ns}					0,0156 ^{ns}						
FRB x PST	8	1839,64**					142,66**					0,0085 ^{ns}						
Resíduo	42	175,599					40,9067					0,0091						
CV (%)		23,06					21,1					6,64						
Média		57,46					30,32					1,44						

⁽¹⁾Médias seguidas de *, **, ^{ns} significativo a 5 e 1 % de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F ($P < 0,05$).

As equações de regressão que melhor representaram a relação entre FRB x PST estão representadas na Figura 16. A partir da derivação destas equações foi calculado o valor da dose de máxima eficiência econômica a ser aplicada a partir dos valores de produção agrícola e, por conseguinte o valor do nível crítico do solo (Apêndice). Para o tratamento que não foi aplicado FRB em área total em relação às doses superfosfato triplo aplicadas em fundo do sulco encontrou-se uma produção máxima de 56,7 t ha⁻¹ com a dose máxima de 77,9 kg de P_2O_5 , achando assim um nível crítico de 30,8 mg dm⁻³. Para a dose 100 kg ha⁻¹ de fosfato reativo de Bayovar em área total em relação às doses de superfosfato triplo aplicado no fundo do sulco encontrou-se para uma produção agrícola de 59,8 t ha⁻¹ com um valor de 103,7 kg de P_2O_5 ha⁻¹ obteve-se um valor de nível crítico de 49, 8 mg dm⁻³ de fósforo no solo. A dose 200

kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicadas no fundo do sulco através da fonte FRB em relação às doses aplicadas no fundo do sulco pelo superfosfato triplo, apresentou maiores resultados, onde a produção máxima de 67,3 t ha⁻¹ com uma dose máxima de 99,8 kg de P₂O₅ ha⁻¹ encontrou-se um nível crítico do solo para a camada de 0-20 cm de 88,1 mg dm⁻³. Simões Neto (2011), estudando níveis críticos de solo em cana-de-açúcar, em um Latossolo Amarelo distrófico com 0,02 mg dm⁻³ encontrou um nível crítico de 6,7 mg dm⁻³, utilizando o mesmo extrator, Mehlich-1. Um fato que chama atenção é a diferença no valor inicial de fósforo no solo, pois os tratamentos sem aplicação de fósforo apresentaram teores médios de 16,13 mg dm⁻³, muito superior ao teor inicial da pesquisa de Simões Neto (2011).



Figura

16- Fósforo disponível no solo na camada de 0-20 cm em relação a interação FRB x ST

As médias referentes ao FRB aplicado em área total na camada de 0,2-0,4 m, foram significativas ao nível de 5% de probabilidade e as médias da fonte superfosfato triplo aplicado em fundo do sulco na camada de 20-40 cm, foram significativo a 1% de probabilidade de acordo com o teste F ($P < 0,05$). Os dados de fósforo disponível no solo na camada de 0,2-0,4 m, apresentaram diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,05$) em relação a interação das doses de fósforo aplicada em área total através da fonte fosfato natural reativo de Bayovar e as doses de fósforo aplicadas em fundo do sulco com o superfosfato triplo.

As equações de regressão que melhor representam a relação entre doses de P₂O₅ e P disponível estão na Figura 17. A partir dessas equações foram calculadas as derivada para se achar o valor da dose de máxima eficiência econômica a ser aplicada a partir dos valores de

produção agrícola e assim, calcular-se o valor do nível crítico do solo. Para o tratamento em que não foi aplicado fósforo em área total através da fonte FRB em relação às doses de P_2O_5 aplicadas em fundo do sulco encontrou-se uma produção máxima de $56,7 \text{ t ha}^{-1}$ com a dose máxima de $77,9 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$, achando um nível crítico de $24,10 \text{ mg dm}^{-3}$. Para a dose 100 kg ha^{-1} de FRB aplicado em área total em relação às doses de PST aplicadas no fundo do sulco obteve uma produção agrícola de $59,8 \text{ t ha}^{-1}$ com uma dose máxima de $103,7 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$ obteve-se um valor de nível crítico de $29,91 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo. A dose 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 da fonte FRB em relação às doses no fundo do sulco de PST, apresentou maiores resultados, onde se teve uma produção máxima de $67,3 \text{ t ha}^{-1}$ com uma dose máxima de $99,8 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$ encontrou-se um nível crítico do solo para a camada de 20-40 cm de $33,28 \text{ mg dm}^{-3}$

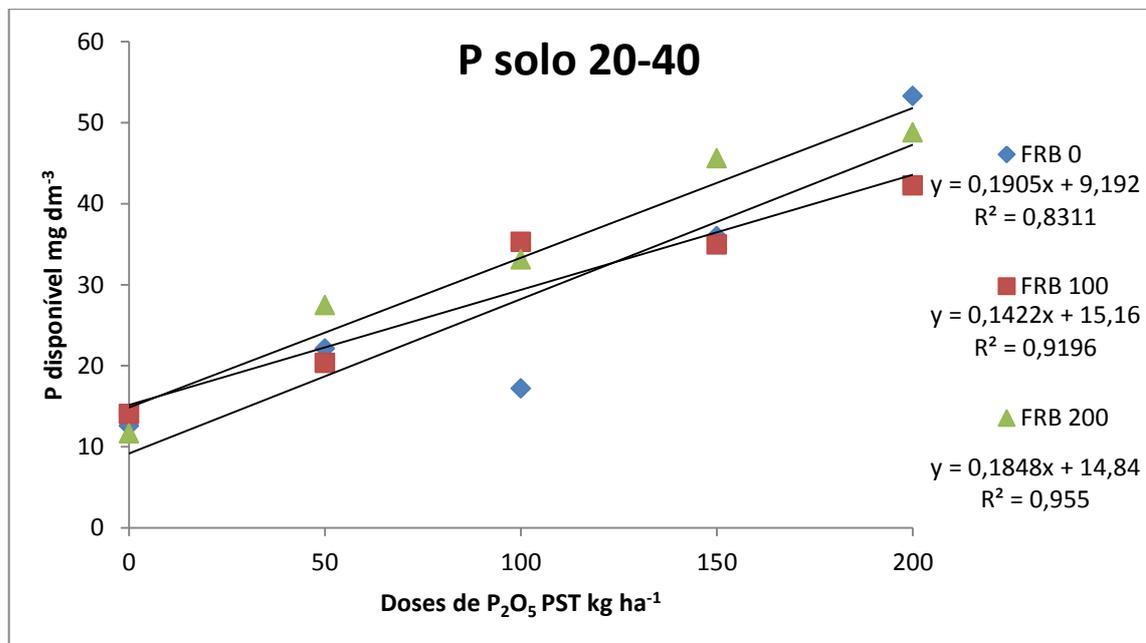
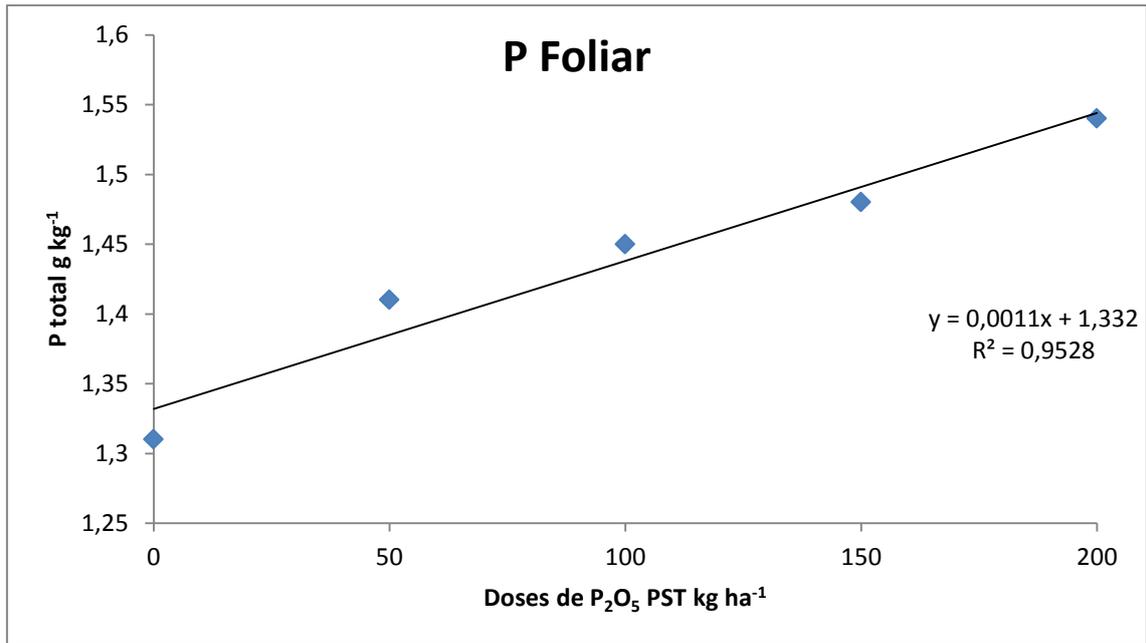


Figura17- Fósforo disponível no solo na camada de 20-40 cm em relação a interação FRB x PST

Os dados dos teores de P foliar apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F com relação à aplicação de P em área total e 1% de probabilidade para as doses aplicadas no fundo do sulco com a fonte superfosfato triplo.

Em relação às doses de P_2O_5 aplicadas no fundo do sulco as médias apresentaram um crescimento linear (Figura 18) à medida que aumentou a dose aplicada. Assim a dose 200 kg ha^{-1} , apresentou um maior teor de fósforo foliar com uma média de $1,54 \text{ g kg}^{-1}$. O tratamento sem aplicação de fósforo apresentou a menor média com $1,31 \text{ g kg}^{-1}$.



Figura

18- Teores de fósforo total no tecido foliar em relação as doses de superfosfato triplo aplicadas no fundo do sulco

Os valores de P foliar referentes às doses de P aplicadas em área total por meio do FRB apresentaram um aumento linear da média à medida que se aumentou a dose aplicada (Figura 19). Assim a dose 200 kg ha⁻¹ obteve maior média com 1,49 g kg⁻¹, a dose 100 kg ha⁻¹, apresentou uma média de 1,42 g kg⁻¹ e o tratamento sem aplicação de fósforo apresentou como média o valor de 1,41 g kg⁻¹.

Mesmo sendo um ano com pouca precipitação pluviométrica, os valores finais responderam a adubação, havendo um aumento do teor de fósforo no tecido foliar a medida que se aumentou a dose aplicada.

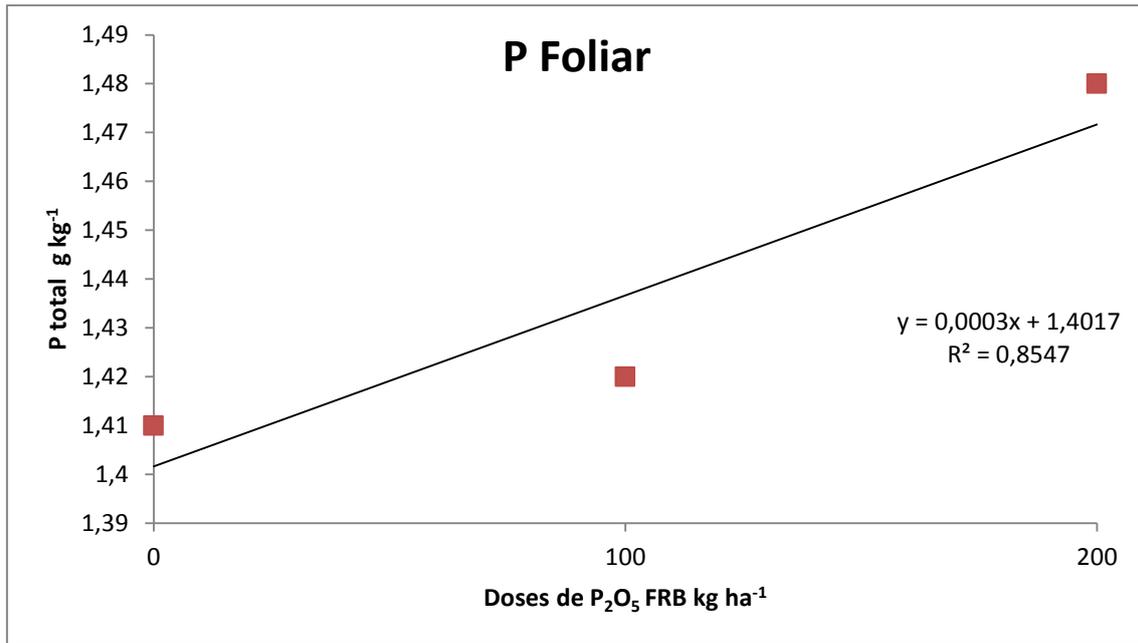


Figura 19-Teores de fósforo total no tecido foliar da cana-de-açúcar, em relação as doses de fosfato natural reativo de Bayovar aplicadas em área total

Os valores encontrados de P encontram-se próximo aos encontrados por Reis Jr.e Monnerat (2003), que concluíram que o valor ideal de P foliar para a cana-de-açúcar é de 1,9g kg⁻¹. Os teores foliares de P observados estão abaixo dos valores encontrados por Santos (2009) que observou uma concentração de P nas folhas variando de 2,5 g kg⁻¹ no composto a 4,0 g kg⁻¹ no superfosfato triplo.

3.3 CONCLUSÕES

1. A dose 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ de FRB em relação às doses de P₂O₅ de superfosfato triplo, obteve maior produção máxima, com 67,3 t ha⁻¹ com um nível crítico de 88,1 mg dm⁻³ na camada de 0 – 20 cm.
2. Para a camada de 20-40 cm para se ter a produção máxima de cana-de-açúcar, o valor do nível crítico foi de 33,28 mg dm⁻³
3. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo em área total com a fonte fosfato natural reativo de Bayovar.
4. O teor de fósforo foliar aumentou à medida que se aplicou fósforo no fundo do sulco com a fonte superfosfato triplo.

3.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; SANTOS, V. P. S.; RIBEIRO, C. A. G.; BARRETO, E. J. S.; FILHO, G. M.; SOUZA, J. L.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. M.; FERREIRA, P. V.; SILVA, W. C. M.; **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar. Boletim Técnico.** Rio Largo, AL, n.2, Agosto, 2003.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.136-142, 2008.
- CARMO, C.A.F.DE, ARAUJO, W.S.DE, BERNADI, A.C.DE.C., SALDANHA, M.F.C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. **Embrapa Solos: Circular técnica n.6**, 41p. 2000
- DEMATTE, J. L. I. Recuperação de manutenção da fertilidade do solo. Piracicaba: **POTAFOS**, 2005. 24 p. (Informações Agronômicas – Boletim Informativo, 111)
- DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.576-583, 2008
- 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.
- MAHADEVAIAH, M. S.; KUMAR, Y.; GALIL, M. S. A.; SURESHA, M. S.; SATHISH, M. A.; NAGENDRAPPA, G. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **E-Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais.** São Paulo: Livraria Pioneira, 1967. 251p.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba: ABPPF, 1997. 319 p.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em latossolo vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB**, mar./abr., v. 19, n. 4, 2001.
- 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, jan./mar. 2002.
- PROFERT MG. Manual do laboratorista. **Programa interlaboratorial de controle de qualidade de análise de solo**. Minas Gerais. Ed.1, 2005.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 233-239 (Boletim Técnico, 100).
- REIS JR., R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 38, n. 3, p. 379-385, mar. 2003.
- ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agrônômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.276-282.
- SANTOS, D.H. **Adubação da cana-de-açúcar com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente: UNOESTE. 2009, 35p.
- SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S; FABRIS, L.B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.454-461, 2010.

SIMÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar. Recife:UFRPE, **Imprensa Universitária**, 2005. 28p.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, ROCHA, A. T , FREIRE F. J.; FREIRE, A. , M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 802-810, nov/dez, 2011

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A.C., ROCHA, A. T ,FREIRE F. J.; FREIRE, A. , M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. A. W. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.4, p.347–354, 2012

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ALFONSI, R. R.; PEDRO, J. M. J.; BRUNIN, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização**. 1. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 42-55.

BARBOSA, G. V. S.; SOUZA, A. J. R.; ROCHA, A. M. C.; SANTOS, V. P. S.; RIBEIRO, C. A. G.; BARRETO, E. J. S.; FILHO, G. M.; SOUZA, J. L.; FERREIRA, J. L. C.; SOARES, L.; CRUZ, M. M.; FERREIRA, P. V.; SILVA, W. C. M.; **Três novas variedades RB de cana-de-açúcar. Boletim Técnico**. Rio Largo, AL, n.2, Agosto, 2003.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.136-142, 2008.

BRAITHWAITE, A. C.; EATON, A. C.; GROOM, P. S. Factors affecting the solubility of phosphate rock residues in citric acid and formic acid. **Fertilizer research**, v. 23, p. 37-42. 1990.

CAIONE G., TEIXEIRA, M. T. R., LANGE, A., DA SILVA, A.F., FERNANDES, F.M. 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.

CALDAS, C. **Manual de análises selecionadas para indústria sucroalcooleiras**. Maceió: Sindicato da Indústria e do Alcool e Açúcar do Estado de Alagoas, 1998. 438p.

CARMO, C.A.F.DE, ARAUJO, W.S.DE, BERNADI, A.C.DE.C., SALDANHA, M.F.C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. **Embrapa Solos: Circular técnica n.6**, 41p. 2000

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira : cana-de-açúcar, terceiro levantamento, dezembro/2012 - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília : Conab 2012.

CONSECANA. **Manual de instruções**. Piracicaba: Edição Consecana, 2006. 116p. 2

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. Piracicaba: CONSECANA, 1999. 92p

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOUZA, S. K. S.; FREIRE, F. J.; SILVA, G. B. Gafsa rock phosphate and triple superphosphate for dry matter production and P uptake by corn. **Scientia Agrícola**, v.62, n.2, p.159-164, 2005.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. S. C.; FERRAZ, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.218-224, 2008

CRSPCTS/PB- Comissão Regional do Sistema de Pagamento de Cana pelo Teor de Sacarose no Estado da Paraíba. Manual técnico operacional. João Pessoa, ed.4,1997. 238p.

DANIELS, J., ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HEINZ, D.J. Sugarcane improvement through breeding. New York: **Elsevier**, 1967, 84p

DEMATTE, J. L. I. Recuperação de manutenção da fertilidade do solo. Piracicaba: **POTAFOS**, 2005. 24 p. (Informações Agronômicas – Boletim Informativo, 111)

DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 271-287

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.6, p.576-583, 2008

ELAMIN, E. A.; ELTILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; IBRAHIM, S. H.; ELSHEIKH, M. A.; BABIKER, E. E. The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. **Journal of Applied Sciences**, v.7, p.2345-2350, 2007.

ESPIRONELO, A. Contribuição do instituto Agronômico de Campinas (IAC) para a nutrição e adubação da cana-de-açúcar. Fósforo em cana planta. **Stab**. Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.8, n.2, p. 14-21, 1989.

ESTÉVES, A.A. Fisiologia de la caña de azucar. In: OSORIO C.E.B. (Ed.). El cultivo de la caña de azucar. Cali: **Tecniacana**, 1986. p.27-41.

FARIAS, C. H. DE A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. DANTAS NETO, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.4, p.419-428, 2009.

FERNANDES, A.C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2003. 240 p.

FIGUEIREDO FILHO, C. P. Avaliação da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com hiperfosfato natural reativo. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.259-263.

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. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista ‘Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal.

GOMES, G. (Ed.). Engenho e arquitetura. Recife: **Massangana**, 2006. 411 p.

HERINGER, disponível em: http://www.heringer.com.br/heringer/index_pt acesso em 23 de maio 2013 as 20:52.

HERMANN, E. R.; CÂMARA. G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n.5, p. 32-34. 1999.

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

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

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.

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.

LIMA FILHO, S.A.; ZAMBELLO JÚNIOR,E; ORLANDO FILHO, J. Doses e fontes de fósforo em cana planta no estado de São Paulo. **Saccharum**, São Paulo, v.5, n.21, 36 p.37-43, 1982.

LOPES, A.S; SILVA, C.A.P; BASTOS, A.R.R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S (ed.). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato 2004. p. 11-34.

MAHADEVAIAH, M. S.; KUMAR, Y.; GALIL, M. S. A.; SURESHA, M. S.; SATHISH, M. A.; NAGENDRAPPA, G. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **E-Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1967. 251p.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo:Ceres, 2006. 638p.

MARTINS, N.G.S. Os fosfatos na cana-de-açúcar. 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2004.

MORAIS, J. F. B. **Estimativa da área foliar de quatro variedades de cana-de-açúcar**. 2004. 16f Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

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

MOURA FILHO, G.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVA, L. C.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I. ; BARBOSA, G. V. S. Crescimento e absorção de nutrientes em quatro variedades de cana-de-acucar. In: SEMINARIO ALAGOANO SOBRE VARIEDADES DE CANA-DE-ACUCAR, 7., 2006. Maceió. **Anais...** Maceió: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, STAB Leste, 2006. CD-ROM.

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

NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007.

OLIVEIRA, E.C.A. **Dinâmica dos nutrientes em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena**. 2008. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

OLIVEIRA, R. A.; DONAS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOECHER, H. S.; SILVA, D. K. T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar no Estado do Paraná: Taxas de crescimento. **Revista Ciencia Agrária**, v.6, p.85-89, 2005.

OLIVEIRA, R. A. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 37, p.71-76, 2007.

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

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Eficiência da escória de siderurgia em latossolo vermelho na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso. **STAB**, mar./abr., v. 19, n. 4, 2001.

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, jan./mar. 2002.

PROCHNOW. L.I. Eficiência agrônômica de fosfatos totalmente acidulados. In: **Simpósio de fósforo na agricultura brasileira**, 1., 2003, São Pedro. Anais... São Pedro: Potafos: ANDA, 2003.1 CD_ROM.

PROFERT MG. Manual do laboratorista. **Programa interlaboratorial de controle de qualidade de análise de solo**. Minas Gerais. Ed.1, 2005.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.Ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 233-239 (Boletim Técnico, 100).

REIS JR., R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, v. 38, n. 3, p. 379-385, mar. 2003.

RIDESA, Programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar: Variedade RB. Recife: UFRPE/EECA, 2003. 256p. (Relatório Anual).

ROBINSON, J. S.; SYERS, J. K. Effects of solution calcium concentration and calcium sink size on the dissolution of Gafsa phosphate rock in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.42, n.3, p. 389-397, 1991.

ROSSETTO, R.; FARHAT, M.; FURLAN, R.; GIL, M. A.; SILVA, S. F. Eficiência agrônômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.276-282.

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

SANTOS, D.H. **Adubação da cana-de-açúcar com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente: UNOESTE. 2009, 35p.

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

SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S; FABRIS, L.B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, n.4, p.454-461, 2010.

SILVA, L. C. Análise de crescimento e acúmulo de nutrientes de sete cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região de Coruripe-AL. 2007, 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

SILVA, V. T. DA. Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete cultivares de cana-de-açúcar, em cana-soca, na região de Coruripe, Al. 2011, 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar. Recife:UFRPE, **Imprensa Universitária**, 2005. 28p.

SIMIÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, ROCHA, A. T , FREIRE F. J.; FREIRE, A. , M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 802-810, nov/dez, 2011

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A.C., ROCHA, A. T ,FREIRE F. J.; FREIRE, A. , M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. A. W. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.4, p.347–354, 2012

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.102, p.1-16, 2003. Encarte técnico.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-CPAC, 2004. p. 147-168.

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

VARNHAGEN, F. A. (Ed.). História geral do Brasil: antes da sua separação e independência de Portugal. Sao Paulo: Melhoramentos, 1975. v. 5, 314 p.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A. Manejo e uso de fertilizantes em cana-de-açúcar. In MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; TASSO JÚNIR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; VALE, D.W. **Tópicos em tecnologia sucroalcooleira**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. p. 31-51

WIEDENFELD, B.; ENCISO, J. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semi arid South Texas. **Agronomy Journal**, Madison, v.100, p. 665-671, 2008.

APÊNDICE

Tabela 11- Equação de Regressão, Derivada, Dose Máxima, Produção Máxima, Nível Crítico de Fósforo no solo e no tecido foliar.

	Equação	Derivada	Dose máx. P ₂ O ₅	Prod. máx. kg ha ⁻¹	Nível crítico mg dm ³
TCH 0	$y = 50,29 + 1,449x^{0,5} - 0,0821x$	$Xv = b^2/4c^2$	77,9	56,7	.....
TCH 100	$y = 51,754 + 0,1564x - 0,0008x^2$	$Xv = -b/2c$	103,7	59,9	.....
TCH 200	$y = 51,386 + 0,3192x - 0,0016x^2$	$Xv = -b/2c$	99,8	67,3	.....
P 0-20 0	$y = 0,1931x + 15,744$	.....	77,9	56,7	30,8
P 0-20 100	$y = 0,2094x + 28,144$	.....	103,7	59,9	49,8
P 0-20 200	$y = 0,5524x + 32,972$	.....	99,8	67,3	88,1
P 20-40 0	$y = 0,1905x + 9,192$	.....	77,9	56,7	24,1
P 20-40 100	$y = 0,1422x + 15,16$	.....	103,7	59,9	29,91
P 20-40 200	$y = 0,1848x + 14,84$	.....	99,8	67,3	33,28
				Ponto Máximo	.....
Pureza PST	$y = 87,975 + 0,0368x - 0,0001x^2$	$Xv = -b/2c$	184	91%	.....
ATR PST	$y = 153,65 + 0,1376x - 0,0006x^2$	$Xv = -b/2c$	114,66	165,5 kg t cana ⁻¹	.....
TPH PST	$y = 8,1386 + 0,0387x - 0,0002x^2$	$Xv = -b/2c$	96,75	10,01 t pol ha ⁻¹	.....
TPH FRB	$y = 8,8533 + 0,0042x$	.....	200	9,69 t pol ha ⁻¹	.....