

Qualidade tecnológica da cana planta e cana soca cultivadas sob adubação fosfatada em solos de diferentes texturas

Technological quality of plant sugarcane and ratoon cultivated under phosphate fertilization in soils of different textures

Daniela Batista da Costa¹, Fernando José Freire¹, Renato Lemos dos Santos², Hemmannuella Costa Santos², Alexandre Campelo de Oliveira¹, Patrícia Karla Batista de Andrade¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil

² Instituto Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Saanto Antão, Brasil

Todos autores contribuíram de forma igualitária

Contato: renato.santos@vitoria.ifpe.edu.br

Palavras-Chave

Saccharum spp.
fósforo
nordeste do Brasil
fósforo disponível

RESUMO

A baixa disponibilidade de fósforo (P) nos solos é considerada uma das causas da baixa produtividade de colmos e agroindustrial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no Nordeste do Brasil. Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade tecnológica de cana-de-açúcar cultivada em três solos quando submetidas a doses de fertilizante fosfatado. Foram instalados experimentos de campo na Destilaria Japungu/PB, Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina/PE e na Usina Bom Jesus/PE, selecionando-se Argissolos de textura arenosa (PVAd1), média (PADx) e argilosa (PVAd2), respectivamente. Foram aplicadas cinco doses de P₂O₅ (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹) em fundação e 0 e 40 kg ha⁻¹ em cobertura, em cana soca. No final do ciclo de cana planta e cana soca foram avaliadas as variáveis tecnológicas: teor de P no caldo, teor de fibra, a pureza, a percentagem de sacarose no colmo (PCC), teor de sólidos solúveis totais, açúcar teórico recuperável (ATR). A aplicação de doses de P₂O₅ até 200 kg ha⁻¹, no plantio, não afetou as variáveis tecnológicas no ciclo de cana planta e de cana soca. A adubação fosfatada em cobertura não alterou a qualidade tecnológica da cana soca, exceto pelo incremento do teor de P no caldo no PADx.

Key-word

Saccharum spp.
phosphorus
northeast in Brazil
available phosphorus

ABSTRACT

The low availability of phosphorus (P) in soils is considered one of the causes of low sugarcane (*Saccharum spp.*) stalks and agroindustrial productivity in Northeastern of Brazil. The aim of this work was to evaluate the technological quality of sugarcane cultivated in three soils under to doses of phosphate fertilizer. Field experiments were installed at Japungu Distillery/PB, Carpina Sugarcane Experiment Station and Bom Jesus/PE, selecting sandy (PVAd₁), sandy loam (PADx) and clay (PVAd₂) respectively. Five doses of P₂O₅ (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹) were applied in planting and 0 and 40 kg ha⁻¹ in ratoon cane. At the end of the plant sugarcane and ratoon cycle the technological variables were evaluated: P content in broth, fiber content, purity, percentage of stem sucrose (PCC), soluble solids content, recoverable theoretical sugar (ATR). The application of doses of P₂O₅ up to 200 kg ha⁻¹ at planting did not affect the technological variables in the plant sugarcane and ratoon cycle. Phosphate fertilization in coverage did not change the technological quality of sugarcane except for the increase of P content in PADx.

Informações do artigo

Recebido: 27 de outubro, 2019

Aceito: 10 de dezembro, 2019

Publicado: 28 de dezembro, 2019

Introdução

O cultivo de cana-de-açúcar tem grande destaque no Nordeste brasileiro e sua importância revela-se não só no sentido econômico, mas também social com a geração de empregos, e no ambiental, para a produção de biodiesel.

No Nordeste a produtividade média é de 55 t.ha⁻¹, abaixo do observado no cenário nacional que é de 71 t.ha⁻¹. Em Pernambuco, estado tradicionalmente produtor de cana-de-açúcar, a média de produtividade é de 51 t.ha⁻¹ (CONAB, 2018). De maneira geral, a baixa produtividade observada em cultivos de cana se deve a fatores como irregularidade climática, ataque de pragas e doenças, cultivo em solos pobres em nutrientes e/ou manejo inadequado da fertilização (LAMBA et al., 2018).

Um dos principais nutrientes a serem manejados quando do cultivo da cana-de-açúcar é o Fósforo (P), que, apesar da baixa exigência nutricional pela planta, fica pouco disponível devido a sua alta interação com o solo através de processos de adsorção ou precipitação (SANTOS et al., 2018); especialmente em solos intemperizados com altos teores de argila e oxihidróxidos de ferro e alumínio (CAIONE et al., 2013; ARRUDA et al., 2017).

Vários estudos apontam o aumento de produtividade de cana-de-açúcar em decorrência da adubação fosfatada (SANTOS et al., 2009; BEKHEET et al., 2018; LAMBA et al., 2018). Cabe ressaltar que a adubação fosfatada não só influencia a produtividade da cultura como a qualidade tecnológica de seus produtos. Entre as variáveis industriais que se destacam para pagamento de cana-de-açúcar estão o Brix, a pureza, a fibra e o açúcar total recuperável (CONSECANA, 2006; ALBUQUERQUE et al., 2016).

A qualidade da matéria prima foi melhorada com adubação fosfatada em estudos de Albuquerque et al. (2016) sendo observada pureza de 90,35%, valor considerado excelente, já que pureza acima de 85% é essencial para a produção de caldo de boa qualidade e, conseqüentemente, do açúcar produzido, elevando seu valor econômico.

Outros estudos também indicam a vantagem da adubação fosfatada na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (BEKHEET et al., 2018; LUMBANRAJA et al., 2018), porém alguns estudos não observaram efeitos positivos (JOHNSON et al., 2017; SOUSA JUNIOR et al., 2017), o que pode estar relacionado à fonte de P aplicada e à interação do elemento com o solo, já que esses estudos foram realizados em regiões canavieiras com solos altamente intemperizados, com alto poder de fixação de P. No Nordeste brasileiro alguns estudos indicam que o P não se liga tão fortemente ao solo (SANTOS et al., 2011b; COSTA et al., 2014; SANTOS et al., 2016), sendo liberado para as plantas no decorrer do plantio. Dentro desse contexto, são necessários mais estudos voltados à fertilização fosfatada em solos nordestinos, já que o uso inadequado da adubação fosfatada nos solos da região

pode gerar não só aumento nos custos de produção como impactos ambientais.

Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade tecnológica de cana-de-açúcar cultivada em três solos quando submetidas a doses de fertilizante fosfatado.

Material e Métodos

Caracterização dos solos e da área experimental

Foram conduzidos três experimentos de campo em áreas predominantemente cultivadas com cana-de-açúcar em regiões com características edafoclimáticas distintas: 1. Usina Japungú, com coordenadas geográficas 6°59'28" S e 35°01'23" W, localizada nos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba, onde o clima é quente e úmido com precipitação média anual de 1.600 mm, sendo o solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura arenosa (PVAd₁); 2. Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (EECAC), com coordenadas geográficas 7°50'58" S e 35°14'19" W, localizada na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, com clima quente e úmido, relevo levemente ondulado, precipitação média anual em torno de 1.300 mm e solo classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso de textura média (PADx); e 3. Usina Bom Jesus, com coordenadas geográficas 8°16'42" S e 35°01'09" W, localizada na região da Zona da Mata Sul de Pernambuco, onde o clima é quente e úmido, relevo ondulado e precipitação média anual de 2.200 mm, sendo o solo da área experimental classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa (PVAd₂).

Os solos foram amostrados na profundidade de 0,0-0,30 m e caracterizados física, química e mineralogicamente (Tabela 1). As características físicas e químicas foram determinadas de acordo com metodologias descritas em EMBRAPA (2017) e EMBRAPA (2009); o P_{rem} e a CMAP seguiram metodologias descritas em Alvarez et al. (2000) e Novais e Smith (1999), respectivamente.

A caracterização mineralógica da fração argila foi determinada por difratometria de raios-X (WHITTING, ALLARDICE, 1986) para determinação dos principais minerais da fração argila dos solos. Foram quantificados, por espectrofotometria de absorção atômica, o Ferro amorfo (Fe_o) por Oxalato ácido de amônio, e o Ferro cristalino (Fe_d), por Ditionitocitrato-bicarbonato (MEHRA, JACKSON, 1960) (Tabela 1).

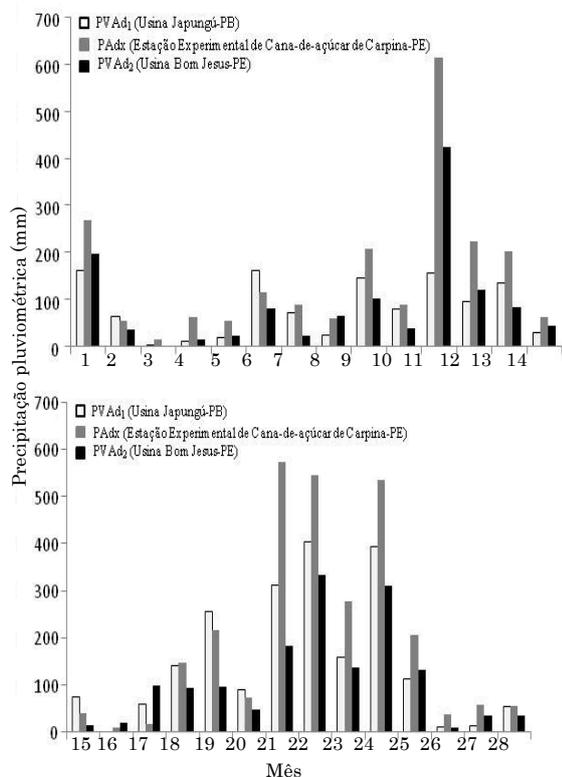
A precipitação pluviométrica foi registrada mensalmente nos três locais em que foram realizados os experimentos durante os dois ciclos de cultivo da cana-de-açúcar (Figura 1). Na Usina Japungú e na EECAC nos meses que a precipitação não foi suficiente para suprir a demanda da cultura, foram aplicadas três lâminas de 25 mm como irrigações de salvação.

Tabela 1- Características físicas, químicas e mineralógicas de solos de diferentes texturas, na Usina Japungu (PVAd₁), Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (PAdx) e Usina Bom Jesus (PVAd₂) na profundidade de 0 a 0,3 m.

Solos	Características físicas										
	Ds ----- (g cm ⁻³) -----	Dp	CC -- (m ³ .m ⁻³) --	PMP	Areia	Silte (g.Kg ⁻¹)	Argila	Ko (cm.h ⁻¹)	Porosidade (%)	Classe textural	
PVAd ₁	1,50	2,67	0,044	0,028	887	35	78	39,12	43,82	Arenosa	
PAdx	1,36	2,56	0,115	0,067	704	80	216	58,78	46,87	Franco Arenosa	
PVAd ₂	1,08	2,53	0,221	0,163	474	70	456	19,52	57,31	Argilo Arenosa	
	Características químicas										
	pH (H ₂ O)	(H+Al)	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CTC total	CTC efetiva	P (mg.dm ⁻³)	
PVAd ₁	6,5	5,1	0,00	1,00	0,90	0,02	0,04	7,06	1,96	7,00	
PAdx	6,0	7,9	0,00	2,53	1,55	0,03	0,15	12,16	4,26	13,6	
PVAd ₂	4,4	7,6	1,20	0,50	0,50	0,03	0,06	8,69	2,29	4,02	
	Características mineralógicas										
	CMAP (mg.cm ⁻³)	P-rem (mg.L ⁻¹)	Fe	Cu	Zn	Mn	CO g.kg ⁻¹	m ----- (%) -----	V		
PVAd ₁	0,26	40,67	29,70	0,90	5,30	1,80	7,01	0,00	27,76		
PAdx	0,52	34,72	101,1	0,50	8,70	10,3	15,08	0,00	35,03		
PVAd ₂	0,90	11,99	186,6	0,40	4,90	0,80	33,58	52,4	12,54		
Local	Minerais					Feo	Fed	Feo/Fed			
						----- g.kg ⁻¹ -----					
PVAd ₁	Usina Japungu	Ct, Gt, Hm, An, Rt, Qz					0,18	13,81	0,01		
PAdx	EECAC	Ct, Gb, Gt, An, Qz					2,79	18,15	0,15		
PVAd ₂	Usina Bom Jesus	Ct, Gb, Qz					2,65	18,98	0,14		

Ds= densidade do solo; Dp=densidade de partículas; CC=capacidade de campo; PMP=ponto de murcha permanente; Ko=condutividade hidráulica; CTC efetiva=capacidade de troca de cátions efetiva; CTC total=capacidade de troca de cátions total; CMAP=capacidade máxima de adsorção de fósforo; P-rem=fósforo remanescente; CO=carbono orgânico; m=saturação por Al; V=saturação por bases; Feo=ferro oxalato; Fed=ferro ditionito-citrato-bicarbonato de sódio; Ct=caulinita; Gt=Goethita; Hm=hematita; An=Anatásio; Rt=Rutilo; Qz=Quartzo; Gb=Gibsit.

Figura 1- Precipitação pluviométrica (mm) mensal no primeiro ciclo da cana-de-açúcar, sendo o mês 1 referente ao mês de plantio, ou seja, outubro, setembro e agosto de 2009; e o mês 15 referente ao início da socaria, ou seja, dezembro, novembro e outubro de 2010 para PVAd₁, PAdx e PVAd₂, respectivamente.



Tratamentos de Fósforo utilizados nos ensaios

A pesquisa abrangeu os dois primeiros anos de cultivo da cana-de-açúcar, avaliando a cana planta e a primeira soca. Para a escolha dos tratamentos se tomou como referência a dose de 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, para atender a extração de P em três ciclos (OLIVEIRA et al., 2010).

As parcelas constaram de sete sulcos de dez metros de comprimento, sendo a área útil das parcelas constituídas das três fileiras centrais, retirando-se um metro na extremidade de cada parcela para eliminar possíveis efeitos de bordadura. A fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo, e a variedade de cana-de-açúcar *Saccharum spp.* foi a RB 92 579, desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar, das Universidades Federais integradas da Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA).

Os tratamentos foram constituídos por seis doses de P (0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg.ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas na cana-planta em fundação, juntamente com a adubação nitrogenada e potássica, distribuídos em blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.

Neste mesmo ensaio, no segundo ano (cana soca) as parcelas que receberam as doses de P₂O₅ no fundo do sulco foram subdivididas, e metade recebeu 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e a outra metade não recebeu adubação fosfatada, caracterizando um experimento em parcelas subdivididas. Na parcela principal estavam as doses de P aplicadas em fundação na cana planta e as subparcelas foram constituídas das doses de P em cobertura aplicadas na socaria, perfazendo 12 tratamentos e um total de 48 subparcelas.

A dose de 40 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ é a recomendada pelo Manual de Adubação e Calagem do Estado de Pernambuco (IPA, 2008). As subparcelas foram constituídas de sete sulcos de cinco metros de comprimento e a área útil formada pelos três sulcos centrais, retirando-se um metro na extremidade de cada subparcela para eliminar possíveis efeitos de bordadura.

Os dados das subparcelas que não receberam P foram analisados separadamente para se avaliar o efeito residual do P aplicado na cana planta para algumas variáveis.

Condução dos experimentos

Os plantios foram realizados nos meses de agosto no PVAd₂, setembro no PAD_x e outubro no PVAd₁, todos no ano de 2009, e as áreas foram preparadas de acordo com o manejo adotado por cada unidade produtora, com espaçamento entre fileiras de 1,5 m no PVAd₁, 1,15 m no PAD_x e 1,10 m do PVAd₂. As adubações nitrogenada e potássica foram baseadas no Manual de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), utilizando-se como fonte ureia e KCl nas doses de 60 e 80 kg.ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, em todos os solos. Os adubos foram aplicados no fundo do sulco de plantio, juntamente com a adubação fosfatada de fundação. A correção do solo foi feita antes do plantio de acordo com o Manual de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), utilizando-se 2 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1 t.ha⁻¹ de gesso no solo PVAd₂ da Usina Bom Jesus. No solo PVAd₁ da Usina Japungú e no PAD_x da EECAC não houve necessidade de correção.

A primeira colheita foi realizada quatorze meses após o plantio, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2010 nos solos PVAd₂, PAD_x e PVAd₁, respectivamente. Trinta dias após o corte foram aplicadas em cobertura nas fileiras de cana as doses de 80 e 100 kg.ha⁻¹ de ureia e de KCl, respectivamente, juntamente com a adubação fosfatada nas parcelas que receberam esse tratamento.

Mensurações e amostragem das plantas

A qualidade tecnológica da cana planta e da cana soca foi avaliada em amostras de dez plantas ao acaso dentro de cada parcela útil, determinando-se no caldo: sólidos solúveis totais (0 Brix) com refratômetro digital; percentagem de pureza; e percentagem de sacarose no colmo (PCC), usando sacarímetro. Em seguida, no colmo da cana-de-açúcar foi determinado: percentagem de fibras e açúcar teórico recuperável (ATR), seguindo metodologia descrita em CONSECANA (2006), também foi determinado o teor de P no caldo da cana (EMBRAPA, 2009).

Análises estatísticas

As variáveis no ciclo de cana planta foram submetidas à análise de variância. Quando se observou efeito significativo (Teste F, p<0,05), foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey (p<0,05).

As variáveis no ciclo de cana soca foram submetidas à análise de variância como parcelas subdivididas. Quando se observou efeito significativo (Teste F, p<0,05), foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey (p<0,05).

Resultados e Discussões

No ciclo de cana planta, não foi observado efeito significativo das doses de P₂O₅ nas variáveis avaliadas (Tabela 2). A adubação fosfatada favoreceu a concentração de P no caldo na cana, pois mesmo a menor dose aplicada proporcionou aumentos nesses teores, sendo suficiente para mantê-los na concentração mínima sugerida por Lebre et al. (2010), que é de 200 mg.L⁻¹ de P₂O₅ no caldo. O teor de P no caldo está diretamente relacionado com o nível de clarificação e a qualidade do açúcar (RAGGHIANI et al., 2009), sendo de fundamental importância para se obter um produto de boa qualidade industrial. Os teores de P no caldo da cana no presente estudo foram superiores aos encontrados por Pereira et al. (1995) em um Vertissolo na Bahia, que variaram aproximadamente entre 50 e 80 mg.L⁻¹ de P₂O₅ da dose 0 até a de 300 kg.ha⁻¹ de P₂O₅.

Os teores de fibra observados nas canas planta cultivadas no PVAd₁, PAD_x e PVAd₂ foram, respectivamente, 13,28, 13,02 e 12,90% (Tabela 2). A fibra constitui-se matéria de grande importância na indústria canavieira sobre o aspecto agrícola, já que variedades mais ricas em fibra têm maior resistência ao tombamento mesmo quando submetidas à despalha e geralmente são mais resistentes a penetração de pragas no colmo; por outro lado é indesejável para a produção de etanol e açúcar; pois ocorre diminuição da qualidade e produção com o aumento do teor de fibra (PRADO et al., 2017). Segundo Albuquerque et al. (2016), teores de fibra entre baixo e médio são desejados para a geração de eletricidade e etanol celulósico.

Em cana planta, as doses de P aplicadas nos solos não causaram efeitos em sua qualidade tecnológica, onde os valores médios de pureza foram 91,62%, 90,51% e 89,61%, respectivamente, para as canas cultivadas nos solos PVAd₁, PAD_x e PVAd₂ (Tabela 2). Esses valores são semelhantes aos encontrados por Albuquerque et al. (2016), cujos valores foram de 90,35% e mais altos que os observados por Bekheet et al. (2018) que ficaram em torno de 83%.

Valores de pureza acima de 85% são essenciais para se obter boa qualidade do suco e, conseqüentemente, do açúcar produzido, aumentando seu valor econômico. A pureza é a quantidade de PCC em relação ao Brix (CONSECANA, 2006), expressa em porcentagem, e é outro indicativo da avaliação da cana para pagamento (PRADO et al., 2017).

O PCC observado foi de 17,40, 16,27 e 15,22%, respectivamente, para os solos PVAd₁, PAD_x e PVAd₂ (Tabela 2). Esses valores indicam, segundo CONSECANA (2006), que a cana estava madura no momento da colheita, já que valores acima de 12,25% são indicativos de maturidade.

Para que ocorra bom desenvolvimento da cana-de-açúcar, as plantas devem ter seu crescimento máximo com a combinação de alta luminosidade e boa disponibilidade hídrica, o que é mais difícil de se observar no Nordeste onde os verões são secos (CALHEIROS et al., 2012). Provavelmente por esta razão os cultivos de cana não alcançam os rendimentos de açúcar como os observados no centro sul do país.

O conteúdo de sacarose na solução está estreitamente relacionado ao Brix, que é uma das variáveis mais avaliadas em campo e em laboratório (PRADO et al., 2017). Os teores médios de Brix foram 23,02, 22,39 e 18,49%, no PVAd₁, PADx e PVAd₂, valores próximos de 19,31%, observados por Bekheet et al. (2018), com a aplicação de 30 kg.ha⁻¹ de P₂O₅. De acordo com Simões Neto (2009) o padrão do ATR para o Estado de

Pernambuco é de 119 kg.t⁻¹. No presente trabalho os valores médios observados de ATR foram de 162,99, 159,07 e 106,96 kg.t⁻¹, nas canas cultivadas no PVAd₁, PADx e PVAd₂ (Tabela 2). As canas cultivadas nos solos PVAd₁ e PADx apresentaram valores de ATR acima deste padrão em resposta à adição de P, e as plantas cultivadas no solo PVAd₂ não responderam satisfatoriamente à aplicação de P, com o ATR ficando abaixo do padrão do Estado. A aplicação de 114 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ resultou em ATR de 161,6 kg.t⁻¹ em estudos de Albuquerque et al. (2016). Prado et al. (2017) observaram redução dos teores ATR com adubação fosfatada, o que indicam prejuízos na comercialização da cana.

Tabela 2 - Qualidade tecnológica da cana planta em função da adubação fosfatada em solos de diferentes texturas, na Usina Japungu (PVAd₁), Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (PADx) e Usina Bom Jesus (PVAd₂).

Solos	Doses de P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹	Teor de P no Caldo ¹ mg.L ⁻¹	Fibra	Pureza %	PCC	Sólidos solúveis totais ° Brix	ATR kg.t ⁻¹
PVAd ₁	0	170,8	14,0	91,4	17,2	22,6	158,9
	40	253,0	13,4	90,5	17,2	23,2	162,6
	80	256,0	13,4	91,2	17,3	23,2	162,9
	120	266,0	13,2	92,4	17,8	23,2	163,7
	160	267,3	13,2	92,2	17,5	23,0	164,4
	200	229,0	12,6	92,1	17,5	22,9	165,5
	Média	240,3	13,3	91,6	17,4	23,0	163,0
PADx	0	163,5	13,3	89,4	14,6	22,0	151,8
	40	197,0	12,9	90,6	15,0	22,4	160,2
	80	227,3	12,7	90,7	16,9	22,4	161,6
	120	210,5	13,3	91,5	17,3	22,5	160,0
	160	231,0	13,4	90,6	17,5	22,4	160,5
	200	247,25	12,51	90,29	16,3	22,6	160,3
	Média	212,75	13,02	90,51	16,3	22,4	159,1
PVAd ₂	0	128,00	12,56	89,27	14,6	18,6	77,8
	40	152,00	12,67	90,52	17,06	17,4	102,0
	80	166,50	13,29	88,82	14,36	17,94	127,50
	120	162,00	13,29	89,03	14,47	18,10	116,25
	160	165,50	13,43	89,68	15,44	18,92	109,00
	200	159,00	12,18	90,31	15,35	19,94	109,25
	Média	155,50	12,90	89,61	15,22	18,49	106,96

PCC= percentagem de sacarose no colmo; ATR= açúcar teórico recuperável.

De maneira geral os menores valores médios das variáveis tecnológicas analisadas foram observados em canas planta cultivadas no solo PVAd₂ (Tabela 2).

Isso se deveu, provavelmente, ao fato desse solo ser o que apresentou maiores valores de CMAP, argila e óxidos de Fe e Al (Tabela 1), sendo, portanto, o que teve maior capacidade de adsorção de P, não o deixando disponível para a planta. Estudos indicaram que em solos com baixo potencial de retenção de P, como o PVAd₁ e PADx do presente estudo, há liberação do nutriente na solução do solo, portanto o mesmo pode ser absorvido pelas culturas (MANTHAMBALA et al., 2016; ARRUDA et al., 2017).

Não houve influência das doses aplicadas no plantio e da adubação em socaria nas variáveis tecnológicas de cana de açúcar (Tabela 3).

Apenas o P no caldo de plantas cultivadas no solo PADx foram superiores quando feita a adubação de socaria. Os teores do P no caldo em socaria provenientes das plantas cultivadas nos solos PVAd₁ e PADx foram superiores aos da cana planta em todas as doses de P aplicadas (Tabelas 2 e 3), inclusive quando não se aplicou P.

Apenas nesse caso, os teores de P no caldo ficaram inferiores ao observado por Lebre et al. (2010). Essa maior concentração pode ter sido influenciada por fatores ambientais ou mesmo do efeito residual do P aplicado em cana planta nesses solos. A adubação de socaria elevou o teor de P no caldo das plantas oriundas do cultivo da soca no solo PADx (Tabela 3), melhorando a qualidade do caldo e certamente o rendimento na produção de açúcar. A adubação de socaria não causou nenhum efeito sobre a qualidade da cana-de-açúcar.

Tabela 3 - Qualidade tecnológica da cana soca em função da adubação fosfatada de socaria em solos de diferentes texturas, na Usina Japungu (PVAd₁), Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina (PADx) e Usina Bom Jesus (PVAd₂).

Características Tecnológicas	Adubação de socaria (kg.ha ⁻¹ P ₂ O ₅)					
	PVAd ₁		PADx		PVAd ₂	
	0	40	0	40	0	40
P Caldo (mg.L ⁻¹)	240,3 a	281,2 a	212,2 b	231,0 a	155,5 a	175,4 a
CV (%)	20,5	20,21	14,3	12,9	16,7	20,9
S. Sol. (°Brix)	21,4 a	21,5 a	22,0 a	22,1 a	21,2 a	21,1 a
CV (%)	3,9	2,9	3,1	3,6	6,0	3,5
Pureza (%)	90,7 a	90,9 a	89,2 a	88,7 a	90,3 a	89,7 a
CV (%)	1,4	1,4	2,9	2,4	2,1	2,4
Fibra (%)	13,4 a	13,2 a	16,0 a	15,9 a	14,3 a	14,7 a
CV (%)	4,5	3,2	4,6	3,5	7,9	6,5
PCC (%)	16,0 a	16,3 a	14,5 a	14,3 a	17,1 a	16,7 a
CV (%)	6,1	5,8	7,7	4,5	5,9	4,4
ATR (kg.t ⁻¹)	152,6 a	154,2 a	153,6 a	153,7 a	164,0 a	164,0 a
CV (%)	3,9	4,1	3,8	3,3	6,1	4,2

Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusão

A aplicação de doses de P₂O₅ até 200 kg.ha⁻¹, no plantio, não afetou as variáveis tecnológicas no ciclo de cana planta e de cana soca. Desse modo, considerando apenas essas variáveis e os dois ciclos de cultivo, pode-se desprezar a aplicação de doses de P₂O₅.

A adubação fosfatada em cobertura não alterou a qualidade tecnológica da cana soca, exceto pelo incremento em 8,9% do teor de P no caldo da planta cultivada no PAD_x.

Agradecimentos

À Destilaria Japungú, à Usina Bom Jesus e à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina pelo apoio e áreas cedidas. Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro e a concessão das bolsas de estudo.

Referências

- ALBUQUERQUE, A.W.; SÁ, L. A.; RODRIGUES, W.A.R.; MOURA, A.B.; OLIVEIRA FILHO, M. S. Growth and yield of sugarcane as a function of phosphorus doses and forms of application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.1, p.29–35, 2016.
- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. **Determinação e uso do fósforo remanescente**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Boletim Informativo), p.27-33, 2000.
- ARRUDA, J.A.; ESTRELA, J.W.M.; FREIRE, J.L.O.; SANTOS, S.J.A. Fósforo remanescente em solos do Seridó Paraibano. *Revista Principia*, n.35, p.42-49, 2017.
- BEKHEET, M.A.; GADALLAH, A.F.I.; KHALIFA, Y.A.M. Enhancement of Yield and Quality of Sugarcane by Applied Nitrogen, Phosphorus and Filter Cake. *Egyptian Journal of Agronomy*, v.40, n.3, p.207-221, 2018.
- CAIONE, G.; FERNANDES, F.M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.2, p.189-196, 2013.
- CALHEIROS, A.S.; OLIVEIRA, M.W.; FERREIRA, V.M.; BARBOSA, G.V.S.; SANTIAGO, A.D.; ARISTIDES, E.V.S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 2, p. 809-818, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, v. 5, n. 3, 2018. 71p. (Safra 2018/19, - Terceiro levantamento)
- CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. Piracicaba - SP, 2006. 112 p.
- COSTA, D.B.; ANDRADE, P.K.B.; SILVA, S.A.M.; SIMÕES NETO, D.E.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, E.C.A. Adubação fosfatada em cana planta e soca em Argissolos do Nordeste de diferentes texturas. *Revista Caatinga*, v. 27, n. 4, p. 47 – 56, 2014.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRO-PECUÁRIA (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2009. 628 p.
- IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**. 2ª ed. Recife, 2008. 198p.
- JOHNSON, R.M.; VIATOR, H.P.; STEVENS, J.C.; TUBANA, B.S. Sugarcane yields do not respond to phosphorus fertilizer in ratoon crops of LCP 85-384 in Louisiana. *Journal of American Society of Sugar Cane Technologists*, v. 37, p.1-12, 2017.
- LAMBA, S.; GREWAL, K.S.; LUMAR, V. Impact of fertilizer levels on sugarcane yield and available nutrients of clay loam Soil: A sustainable approach. *International Journal of Chemical Studies*. v.6, n.6, p.1160-1164, 2018.

LEBRE, A. C. P.; MARQUES, M. O. ; SILVA, J. D. R. ; SILVA NETO, H. F. ; TASSO JUNIOR, L. C. . **Avaliação de Fósforo Inorgânico em Cultivares Tardios de Cana-de-açúcar**. Anais... XXII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Salvador, 2010.

LUMBANRAJA, J.; SATGADA, C.P.; SARNO, S.; UTOMO, M.; HASIBUAN, R.; TRIYONO, D.; TRIYONO, D. Phosphorus (P) Adsorption Behavior and Harvested P by the Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Affected by Inorganic and Organic Fertilizer Applications on an Ultisol. **Journal of Tropical Soils**, v.23, n.1, p.35-45, 2018.

MANTHAMBALA, F.; MAIDA, J.H.A.; LOWLE, M.W.; KABAMBE, V.H. Soil management effects on phosphorus sorption and external P requirement in oxisols of Malawi. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v.7, p.106-114, 2016.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from clays by dithionite – citrate – bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays and clay minerals**, v.7, p.317-327, 1960.

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

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

PRADO, E.A.F.; VITORINO, A.C.T.; MAUAD, M.; ENSINAS, S.C.; PAIM, L.R. Características tecnológicas da cana-de-açúcar sob aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférrico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.16, n.4, p.386-395, 2017.

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

RAGGHIANI, K. C.; SILVA NETO, H. F.; TASSO JÚNIOR, L.C. BORDONAL, R. O.; MARQUES, M. O. **Teores de fosfato inorgânico em cultivares tardias de cana-de-açúcar**. Anais. XII Congresso Nacional de Fisiologia Vegetal, Fortaleza, 2009.

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; SALCEDO, I. H.; SOUZA, A. P. de; SILVA, V. D. M. Kinetics of phosphorus sorption in soils in the state of Paraíba, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.35, v.4, p.1301-1310, 2011.

SANTOS, H. C.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P. de; SALCEDO, I. H.; SILVA, V. D. M. Phosphorus availability as a function of its time of contact with different soils, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.11, p.996-1001, 2016.

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, n.4, p.389-396, 2009.

SANTOS, V.R.; SOLTANGHEISI, A.; FRANCO, H.C.J.; KOLLN, O.; VITTI, A.C.; DIAS, C.T.S.D.; PAVINATO, P.S. Phosphate sources and their placement affecting soil phosphorus pools in sugarcane, **Agronomy**, v.8, p.283-298, 2018.

SIMÕES NETO, D.E.; OLIVEIRA, A.C.; FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S.; NASCIMENTO, C.W.A.; ROCHA, A.T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

SOUSA JUNIOR, P. R. de; BRUNHARO, C. A. C. G.; FURLANI, C. E. A.; PRADO, R. de M., MALDONADO JÚNIOR, W.; ZERBATO, C. Phosphorus fertilization in sugarcane cultivation under different soil managements. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 21, v.10, p.665-669, 2017.

WHITTING, L. D.; ALLARDICE, W. R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis. Part. 1 Physical and mineralogical methods*. **Soil Science Society of America**, p. 331-359, 1986.