

Efeito de doses de calcário e cultivares na produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar em solo da Amazônia[#]

Effect of lime levels and cultivars on yield and agroindustrial quality of sugarcane under Amazonian Oxisol

Sílvio Vieira da Silva^{1*}, José Zilton Lopes Santos², Carlos Alberto Franco Tucci³,
Arnon Afonso de Souza Cardoso⁴

Resumo - O cultivo da cana-de-açúcar em áreas de solos com características ácidas e de baixa fertilidade limita o potencial da produtividade e qualidades de seus produtos. Os solos predominantes na região Amazônica pertencem à classe dos Latossolos e Argissolos, caracterizados por seu alto grau de intemperismo, acidez e baixa fertilidade natural. Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito de níveis de calcário na disponibilidade de fósforo (P), o rendimento e a qualidade agroindustrial de cultivares de cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de Presidente Figueiredo, no estado do Amazonas. Adotou-se o delineamento de parcelas subdivididas com três repetições, sendo as parcelas constituídas por sete doses de calcário (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 t ha⁻¹) e as subparcelas representadas por quatro cultivares de cana-de-açúcar (CO 997, RB 72454, RB 835019 e RB 835486). O rendimento e a qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar não foram influenciados pela interação dos fatores doses de calcário e cultivares. As maiores doses de calcário contribuíram para os maiores teores de P tanto no solo quanto na planta e também para uma maior produtividade de colmos da cana-de-açúcar. Entre as cultivares, a RB 835486 foi a que apresentou a maior produtividade de colmos e de teor de açúcar.

Palavras-chave - Correção do solo. Fertilidade de solo. *Saccharum officinarum* L. Variedades.

Abstract - The cultivation of sugarcane in areas with acid soils and low fertility limits the potential yield and agroindustrial quality. The predominant soils in the Amazon region belong to the class of Oxisols and Ultisols, characterized by its high degree of weathering and low natural fertility. The objective of this study was evaluate the effect of different levels of limestone in phosphorus (P) availability, yield and agroindustrial quality of different cultivars of sugarcane in very clayey Red-Yellow Oxisol under field conditions, in the Presidente Figueiredo region, State of Amazon. A randomized block design with three replications was used, the treatments were arranged in a split-plot, involving seven levels of liming (0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 t ha⁻¹) and four cultivars of sugarcane (CO 997, RB 72454, RB 835019 and RB 835486). The yield and quality of agroindustrial sugarcane were not influenced by an interaction between liming and cultivars. Higher levels of liming contributed to increased levels of P in the soil and in the plant, and also for higher cane yield of sugarcane. Between cultivars, the RB 835486 presented the largest sugarcane yield and sugar content.

Key words - Cultivars. *Saccharum officinarum* L. Soil fertility. Soil correction.

*Autor para correspondência.

Enviado para publicação em 02/12/2013 e aprovado em 03/10/2014.

[#]Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

¹Doutorando em Agronomia Tropical, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, silviovieiras@hotmail.com

²Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, ziltton@yahoo.com.br, ziltton@ufam.edu.br

³Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola e Solos, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil, ctucci@ufam.edu.br

⁴Mestrando em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, Brasil, arnon@usp.br

Introdução

Os solos tropicais são, geralmente, ácidos, deficientes em fósforo (P) e apresentam altos teores de alumínio tóxico (Al^{3+}) às plantas (SANCHEZ; COCHRANE, 1980); no entanto, quando corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola.

A elevada acidez consiste em um dos principais entraves ao estabelecimento de sistemas agrícolas nesses solos. Seu principal efeito dá-se de forma indireta, em decorrência da menor disponibilidade de nutrientes às culturas. Entre os nutrientes que têm sua disponibilidade afetada pela acidez do solo, destaca-se o P, que em condições ácidas é fortemente adsorvido nos óxidos de ferro e alumínio (MOREIRA *et al.*, 2006; CAMARGO *et al.*, 2010), ou precipitando com íons livres de Fe e Al na solução do solo. Esses processos são muito comuns em solos predominantes na região Amazônica (FALCÃO; SILVA, 2004) e contribuem para a baixa disponibilidade desse nutriente às plantas.

Uma das formas de aumentar a disponibilidade de P e a eficiência da adubação fosfatada é a calagem. Entre os benefícios dessa tecnologia, cita-se: elevação do pH, fornecimento de Ca e Mg, diminuição ou eliminação dos efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe, diminuição da “fixação” de P (CORRÊA *et al.*, 2011), aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e atividade microbiana do solo (SOUTO *et al.*, 2008). Ademais, a calagem também melhora as propriedades físicas do solo (PRADO, 2003), proporcionando melhor aeração e circulação de água, favorecendo o desenvolvimento das raízes das plantas. Apesar dessas vantagens, no estado do Amazonas ainda falta melhor compreensão sobre o efeito dessa tecnologia na disponibilidade de P no solo e na planta, bem como na influência da interação de diferentes doses de calcário e distintas variedades de plantas.

Quanto ao comportamento das plantas, a tolerância ou sensibilidade às condições de acidez do solo pode variar entre espécies e cultivares de plantas (MALAVOLTA, 2006). Em relação à cana-de-açúcar, alguns trabalhos têm mostrado efeito positivo da calagem sobre o desenvolvimento inicial (OLIVEIRA *et al.*, 2010) e a produtividade da cana-de-açúcar (ROSSETO *et al.*, 2004; BRASSIOLI *et al.*, 2009). Por outro lado, Leite *et al.* (2008) não verificaram aumento da produtividade dessa espécie mediante a correção da acidez do solo. De acordo com Gheller *et al.* (2003), as variedades rústicas de cana-de-açúcar apresentam maior adaptação a solos ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes. Entretanto, estas apresentam menor produtividade em sacarose. Em relação à exigência das plantas ao fósforo, o padrão de resposta pode ser bastante variável tanto entre espécies quanto entre genótipos (MALAVOLTA, 2006). No caso da cana-de-açúcar, Santos *et al.* (2009), Caione *et al.*

(2011), Santos *et al.* (2011), Zambrosi (2011) e Caione *et al.* (2013) demonstraram efeitos positivos desse nutriente na produtividade, sendo o segundo macronutriente que mais limita seu desenvolvimento (VALE *et al.*, 2011).

Dessa forma, é provável que a menor produtividade da cana-de-açúcar alcançada no estado do Amazonas ($66,6 \text{ t ha}^{-1}$) no ano de 2013, em contraste com a média nacional de $75,1 \text{ t ha}^{-1}$ (IBGE, 2014), esteja relacionada à alta acidez e baixa disponibilidade de P nos solos cultivados com essa cultura, bem como ao uso de cultivares menos adaptadas. Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito da calagem na disponibilidade de P, na produtividade e na qualidade agroindustrial de diferentes cultivares de cana-de-açúcar em solo do Amazonas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em empresa rural no município de Presidente Figueiredo, Amazonas, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), no período de março de 2001 a maio de 2002, sob as coordenadas geográficas $01^{\circ}58'14''\text{S}$ e $60^{\circ}05'54''\text{O}$. O clima predominante na região é equatorial úmido, “Af” (Köppen), com temperaturas variando entre 25 e 35°C , e precipitação média anual de 2.000 mm .

A área utilizada havia sido cultivada anteriormente com cana-soca por um período de três anos, encontrando-se no momento da implantação do experimento com as seguintes características químicas e granulométricas na camada de $0-0,20 \text{ m}$ de profundidade: $\text{pH} (\text{H}_2\text{O}) = 4,5$; $P_{\text{Mehlich 1}} = 3,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $K^+ = 17 \text{ mg dm}^{-3}$; $Ca^{2+} = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Mg^{2+} = 0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $Al^{3+} = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $H+Al = 13,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $SB = 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $t = 2,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $T = 14,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $S = 38,2 \text{ mg dm}^{-3}$; $Zn = 0,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $Fe = 196,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $Mn = 1,9 \text{ mg dm}^{-3}$; $Cu = 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$; $B = 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $V = 2,4\%$; $m = 84,0\%$; $M.O. = 33 \text{ g kg}^{-1}$; areia = $80,0 \text{ g kg}^{-1}$; silte = $170,0 \text{ g kg}^{-1}$ e argila = $750,0 \text{ g kg}^{-1}$ (EMBRAPA, 1997).

O experimento foi arranjado em um delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições. As parcelas consistiram de sete doses de calcário ($0, 1, 2, 3, 4, 5$ e 6 t ha^{-1}). As subparcelas receberam as quatro cultivares de cana-de-açúcar (CO 997, RB 72454, RB 835019 e RB 835486). Cada subparcela foi composta de 10 linhas de sulcos com 10 m de comprimento e $1,4 \text{ m}$ espaçadas entre si, com área total de 140 m^2 , considerando como área útil central $89,6 \text{ m}^2$ (8 linhas de 8 m de comprimento).

Como fonte de corretivo, foi utilizado o calcário dolomítico, e os resultados da caracterização química e física estão expressos na Tabela 1. A aplicação do corretivo

foi feita aos 60 dias antes do plantio, de forma manual e a lanço em área total, e incorporado ao solo com o auxílio de uma gradagem simples a 0,20 m de profundidade.

Na época da implantação do experimento, foi feita uma adubação equivalente a 80, 120 e 140 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. O P foi aplicado 100% no plantio e em sulco, utilizando a fonte superfosfato triplo, enquanto o N e o K foram fornecidos em três épocas, uma durante o plantio e aos 60 e 120 dias após o plantio, nas doses 20, 30, 30 e 50, 45, 45 kg ha⁻¹ de N e K₂O, utilizando como fonte ureia e cloreto de potássio, respectivamente.

Oito meses após o plantio, foram coletadas as folhas +3 (terceira folha a partir da extremidade, com aurícula visível, desprezando a nervura central) de 30 plantas por subparcela, para a realização da análise nutricional de P conforme Malavolta *et al.* (1997). Aos 14 meses após o plantio, foi feita a colheita da cana-de-açúcar, sendo os colmos colhidos e separados para avaliação da produtividade de colmos; sólidos solúveis (Brix), teor de sacarose aparente (pol) e pureza do caldo; fibra, açúcar redutor (AR) e açúcar total recuperável (ATR) da cana. Nessa mesma época foi feita a coleta do solo a 0,20 m de profundidade, nas entrelinhas de cada parcela útil, para a avaliação do teor de P disponível, utilizando o extrator Mehlich 1.

A avaliação da produção de colmos deu-se por pesagem, sendo os valores convertidos para t ha⁻¹, enquanto a produção de açúcar equivaliu pela porcentagem de pol. As variáveis agroindustriais Brix, pureza do caldo, fibra da cana, pol do caldo, AR e ATR foram obtidas por meio da metodologia usada por Fernandes (2003).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), usando o programa SAEG, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (p<0,01 e

p<0,05) para as cultivares de cana-de-açúcar. Além disso, foi ajustada equação de regressão para a produtividade de colmo, teor de P no solo e na folha como variáveis dependentes das doses de calcário (p<0,01 e p<0,05). Foram realizados estudos de correlação de Pearson entre o teor de P disponível no solo e o teor de P na folha, e entre o teor de P na folha e a produtividade de colmos

Resultados e discussão

Rendimento da cana-de-açúcar

As doses de corretivo e as cultivares afetaram de forma significativa a produtividade de colmos de cana-de-açúcar. Não houve interação entre esses dois fatores para essa variável (Tabela 2). Ausência da interação entre os fatores doses de calcário e variedades na característica produtividade de colmo da cana-de-açúcar também foi constatada por Caldeira e Casadei (2010) em cana-soca cultivada em Argissolo Vermelho-Escuro distrófico (V=31%).

Quanto ao efeito isolado do corretivo, a adição de doses crescentes de calcário proporcionou resposta positiva e linear sobre a produtividade de colmos da cana-de-açúcar (Figura 1). Esses resultados indicaram que, apesar de a cana-de-açúcar ser considerada tolerante à acidez do solo (ROSSETO *et al.*, 2004), os níveis mais elevados de calcário proporcionaram maiores valores de produtividade. Os ganhos obtidos no presente trabalho, provavelmente, devem-se à melhoria das condições limitantes apresentadas pelo solo, como forte acidez (pH = 4,5), elevado teor de Al trocável (Al = 1,8 cmol_c dm⁻³), baixa fertilidade do solo, com destaque para o teor de P, e baixa saturação de bases (V=2,4%).

Esses resultados são corroborados com Rosseto *et al.* (2004) e Brassioli *et al.* (2009), que verificaram efeito

Tabela 1 - Teor de CaO e MgO, poder de neutralização, eficiência relativa e poder relativo de neutralização total do calcário utilizado no experimento

Table 1- CaO and MgO, neutralization power, relative efficiency and relative power of full neutralization of the limestone used in the experiment

Análise química e física	(%)
CaO	29,0
MgO	20,2
PN	101,0
ER	94,1
PRNT	95,0

PN: poder de neutralização; ER: eficiência relativa; PRNT: poder relativo de neutralização total.

PN: neutralization power; ER: relative efficiency; PRNT: relative power of full neutralization.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade de colmos, teores de sólidos solúveis, teor de sacarose aparente e pureza do caldo, fibra, açúcar redutor e açúcar total recuperável da cana

Table 2 - Analysis of variance for variables stalks productivity, soluble solids levels, apparent sucrose level and purity, fibre, reducing sugar and theoretically recoverable sugar of sugarcane

FV	GL	Quadrado médio						
		PC	Brix	Pol	Pureza	Fibra	AR	ATR
Total	83							
Total de redução	41	391,08	3,14	3,81	8,75	2,42	0,06	2,72
Bloco	2	1365,4**	9,44*	13,92*	33,64*	5,10*	0,42**	4,53 ^{ns}
Dose (D)	6	503,68**	2,80 ^{ns}	3,56 ^{ns}	10,75 ^{ns}	2,35 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,73 ^{ns}
Erro (A)	12	153,32	2,36	3,06	7,20	1,11	0,03	1,99
Variedade (V)	3	1338,2**	11,37**	10,08**	6,44 ^{ns}	12,07*	0,10*	12,96**
V x D	18	245,93 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2,24 ^{ns}	6,73 ^{ns}	1,40 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,63 ^{ns}
Resíduo	42	246,36	1,26	1,68	7,50	3,47	0,03	1,25
C.V. (%)		21,28	5,87	7,77	3,15	13,44	39,32	7,54
Média geral		73,76	19,15	16,66	86,85	13,86	0,47	14,83

FV: fonte de variação; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação. PC: produtividade de colmos; Brix: teores de sólidos solúveis; Pol: teor de sacarose aparente; AR: açúcar redutor; ATR: açúcar total recuperável; ns: não significativo pelo teste F ($p < 0,05$); * e ** significativo a ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) de probabilidade, respectivamente.

FV: source of variation; GL: degree of freedom; C.V.: coefficient of variation; PC: productivity; Brix: soluble solids levels; Pol: apparent sucrose level; AR: reducing sugar; ATR: theoretically recoverable sugar; ns: not significant by F test ($p < 0,05$); * and ** significant at ($p < 0,05$ and $p < 0,01$) probability, respectively.

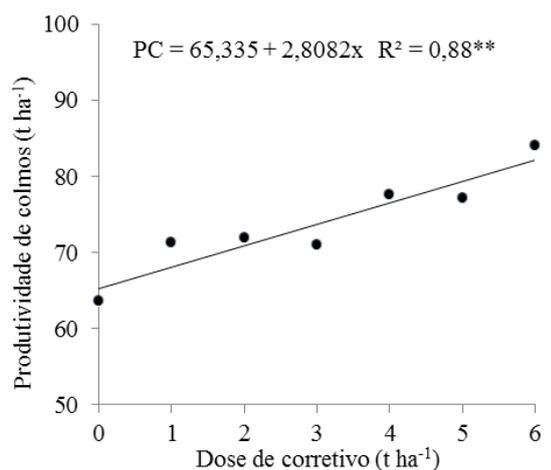


Figura 1- Produtividade de colmos (PC) da cana-de-açúcar em função de doses de calcário.

Figure 1 - Productivity of stalks (PC) of sugarcane in function of limestone levels.

positivo de dose de corretivo sobre a produtividade da cana-de-açúcar.

Por outro lado, contrastam com aqueles encontrados por Leite *et al.* (2008), que não observaram efeito significativo de doses de corretivos sobre a produtividade de cana-de-açúcar cultivada em um Latossolo Vermelho-

Amarelo distrófico ($V=30,5\%$) e pH (H_2O) 5,1. Esses trabalhos sugerem que a resposta da cana-de-açúcar à calagem é potencializada em condições de elevada acidez e baixos teores de Ca e Mg no solo, confirmando os resultados encontrados por Rosseto *et al.* (2004), em que, em 10 experimentos avaliados, apenas dois tiveram respostas significativas sob condições de baixa fertilidade, pH inferior a 4,7, saturação por bases menores que 28% e teores de Ca e Mg próximos a 0,9 e 0,4 $cmol_c dm^{-3}$, respectivamente.

Conforme o coeficiente angular, verifica-se incremento na produtividade de colmos em função do fornecimento dos níveis crescentes de calcário (Figura 1). Para cada tonelada do corretivo fornecido, houve ganho de 2,81 $t ha^{-1}$ de colmos, sugerindo que as variedades estudadas são sensíveis à acidez do solo ou a baixos níveis de Ca e Mg, sendo imprescindível a prática da calagem para o cultivo em solos com características semelhantes ao utilizado no presente estudo. É provável que as variedades utilizadas no presente trabalho possam responder de maneira diferente ao fornecimento de doses ainda maiores de calcário. Mesmo como comportamento linear verificado no presente estudo, são necessários novos estudos com doses ainda maiores de calcário, o que pode levar a ter resposta linear ou quadrática, em razão dos efeitos da calagem sob as características físicas e químicas do solo (PRADO, 2003).

Houve efeito significativo das cultivares sobre a produtividade de colmos e teor de açúcar (Tabela 2). Os maiores valores foram obtidos pelas variedades RB 835486 e RB 72454 (Tabela 3), possivelmente, em razão da considerável adaptabilidade dessas variedades à baixa fertilidade do solo (GHELLER *et al.*, 2003). Segundo esses autores, a variedade RB 835486 é considerada tolerante à condição de acidez do solo. Porém, apesar da ligeira superioridade em relação à RB 72454, há outros fatores que podem influenciar nesses incrementos. Por outro lado, a variedade RB 835019 seria a menos indicada para o cultivo na região, tendo em vista a sua menor produtividade.

Tabela 3 - Produtividade de colmos e de açúcar das variedades de cana-de-açúcar (cana-planta)

Table 3 - Productivity of stalks and sugar cultivars of sugarcane (plant cane)

Variedades	PC	Açúcar
	(t ha ⁻¹)	
CO 997	70,74 b	12,26 b
RB 72454	77,76 a	12,57 b
RB 835019	64,15 b	14,08 a
RB 835486	82,35 a	14,37 a
DMS	6,98	1,71

Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). PC: produtividade de colmos.

Means followed by same letters do not differ significantly by the Scott-Knott test ($p < 0.05$). PC: Productivity of stalks.

Variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar

Não houve efeito significativo da interação nem dos fatores isolados na qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado por Leite *et al.* (2008) e Caldeira e Casadei (2010), principalmente quanto ao fornecimento de doses de corretivo, indicando que as características agroindustriais dessas variedades são pouco sensíveis aos efeitos da calagem.

Por outro lado, as variáveis agroindustriais Brix, pol, fibra, AR e ATR foram afetadas pelo fator variedade (Tabela 2). Os maiores valores de Brix, pol e ATR foram alcançados pela variedade RB 835019 (Tabela 4). Efeitos de variedades em variáveis agroindustriais de cana-de-açúcar foram verificados em outros estudos com Caldeira e Casadei (2010), que encontraram efeito significativo das variedades SP 791011, RB 855453 e RB 855113 sobre teor de sólidos solúveis em cana-soca.

Quanto aos valores de percentagens verificadas para Brix e pol da cana-de-açúcar na variedade RB 835019, esse fato está relacionado à completa maturação dessa variedade no momento da colheita, uma vez que, segundo Gheller *et al.* (2003) e Marques e Silva (2008), essa variedade apresenta ciclo superprecoce, enquanto as demais, ciclo médio.

Em relação à característica fibra da cana-de-açúcar, verificou-se que a variedade RB 835019 tendeu a apresentar menor valor em relação às demais ($p < 0,01$) (Tabela 3), diferentemente dos resultados encontrados por Caldeira e Casadei (2010), que não observaram efeito significativo entre as variedades da cana-de-açúcar sobre a variável fibra. A baixa porcentagem de fibra apresentada pela variedade RB 835019 relaciona-se aos consideráveis valores de ATR, haja vista que apresentou menor peso de bagaço. Contudo, as variedades de cana-de-açúcar pesquisadas apresentaram teores adequados de Brix, pol e pureza do caldo, fibra, AR e ATR, exceto a variedade RB 835486, que proporcionou baixo teor inferior de ATR (13,99%), conforme Fernandes (2003), tendo como padrão adequado valor de 14,5%.

A ausência do efeito da interação dos fatores doses de corretivo e variedades de cana-de-açúcar, bem como do efeito isolado na qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar em níveis consideráveis aceitáveis para a cultura da cana-de-açúcar, sugere que tais características são controladas, principalmente, por fatores intrínsecos à própria variedade (material genético) e, portanto, menos dependentes de fatores ambientais como fertilidade e acidez do solo. No entanto, deve ser considerada a necessidade do fornecimento de calcário no cultivo da cana-de-açúcar quando esta for cultivada em solos com características semelhantes ao utilizado no presente estudo, pois nota-se que maiores produtividades de colmo foram alcançadas nas maiores doses de calcário (Figura 1), independentemente do material genético utilizado.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a RB 835486 apresentou maior produtividade de colmos e, considerando que aproximadamente 92% do açúcar é composto de sacarose (FERNANDES, 2003), apresentou também maior produção de açúcar por hectare, não diferenciando, no entanto, da variedade RB 72454 na produção de colmos. Por outro lado, a variedade RB 835019 apresentou menores valores de açúcar por hectare, o que provavelmente esteja relacionado à sua baixa produtividade de colmos por hectare (Tabela 3).

Considerando que as variedades de cana-de-açúcar devem apresentar alta produtividade de colmos com alto teor de sacarose (GHELLER *et al.*, 2003), as variedades RB 835486 ou RB 72454 seriam as mais indicadas para o cultivo nas condições em que foi realizado o trabalho, dada a maior produção de açúcar com 14,37 t ha⁻¹ (Tabela 3) em relação às demais.

Tabela 4- Teores de sólidos solúveis, teor de sacarose aparente e pureza do caldo, fibra, açúcar redutor e açúcar total recuperável da cana planta de diferentes variedades de cana-de-açúcar

Table 4- Soluble solids levels, apparent sucrose level and purity, fibre, reducing and theoretically recoverable sugar of plant cane of sugarcane cultivars

Variedades	Brix	Pol	Pureza	Fibra	AR	ATR
----- % -----						
CO 997	18,87 b	16,32 b	86,26	13,88 a	0,56 a	14,63 b
RB 72454	19,19 b	16,62 b	86,55	13,90 a	0,49 a	14,82 b
RB 835019	20,13 a	17,63 a	87,50	12,89 b	0,41 b	15,88 a
RB 835486	18,39 b	16,19 b	87,09	14,75 a	0,42 b	13,99 b
DMS	0,92	0,99	-	1,81	0,12	1,03

Brix: teores de sólidos solúveis; Pol: teor de sacarose aparente; AR: açúcar redutor; ATR: açúcar total recuperável; Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Brix: soluble solids levels; Pol: apparent sucrose level; AR: reducing sugar; ATR: theoretically recoverable sugar; Means followed by same letters do not differ significantly by the Scott-Knott test ($p < 0,05$).

Teores de P no solo e na planta

O fornecimento de calcário afetou positivamente e de forma linear a disponibilidade de P no solo ($p < 0,05$) (Figura 2), corroborando as constatações de Prado e Fernandes (2001) e Sobral *et al.* (2011), que verificaram aumento na disponibilidade de P em função do fornecimento de escória de siderurgia e calcário em um Latossolo Vermelho-Amarelo, e de escória de siderurgia em Argissolo Vermelho-Amarelo, respectivamente, ambos em condição de campo. Tal fato deve-se à melhoria da qualidade química do solo, especialmente elevação do pH a valores adequados, aumento da CTC efetiva e diminuição da precipitação e adsorção de P (FALCÃO; SILVA, 2004; CAMARGO *et al.*, 2010; CORRÊA *et al.*, 2011).

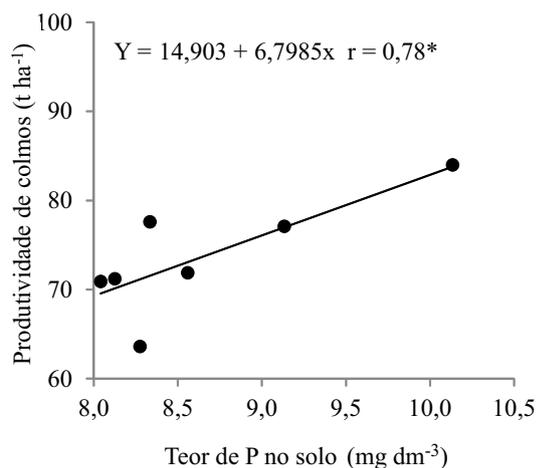


Figura 2- Produtividade de colmos em função da concentração de fósforo no solo em razão do fornecimento de doses de calcário no solo

Figure 2 - Productivity of stalks in function of phosphorus concentration in the soil, supply of levels of limestone

O comportamento linear indica que ainda há potencial de aumento na disponibilidade de P com o fornecimento de doses ainda maiores de calcário. Por outro lado, observa-se que para cada aumento de 1 mg dm⁻³ de P no solo há um aumento de 6,8 t ha⁻¹ de colmos (Figura 2). Considerando que para cada tonelada de calcário adicionado ao solo há um incremento de 2,81 toneladas de colmos por hectare (Figura 1), nota-se que o ganho em produtividade está relacionado também ao efeito da disponibilidade de P no solo em razão dos benefícios da calagem (PRADO; FERNANDES, 2001; SOBRAL *et al.*, 2011).

Verifica-se que para a maior dose de calcário (6,0 t ha⁻¹) houve recuperação de aproximadamente 10 mg dm⁻³ de P, teor considerado bom pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). No entanto, essa recuperação é considerada baixa, proporcionalmente, à quantidade de calcário fornecida, mas que se assemelha com os resultados encontrados por Prado e Fernandes (2001), os quais observaram recuperação de 8 mg dm⁻³ com a maior dose de calcário (3,9 t ha⁻¹) em Latossolo Vermelho-Amarelo.

A baixa recuperação do P adicionado, provavelmente, deve-se aos processos de fixação do P fornecido ao solo. Falcão e Silva (2004), avaliando diferentes Latossolos representativos do estado do Amazonas, observaram que o Latossolo Amarelo distrófico com 495,0 g kg⁻¹ de argila apresentou o maior valor de P adsorvido (776,4 mg dm⁻³), correspondendo a 3.556,4 kg de P₂O₅ fixado por hectare. É provável que no presente estudo tenha ocorrido fixação de P em valores ainda maiores, dada a alta porcentagem de argila (750,0 g kg⁻¹), além do fornecimento de apenas 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco no plantio.

Em relação ao teor de P na folha, verifica-se que os maiores valores foram encontrados para as maiores doses

de calcário, havendo resposta também positiva ($p < 0,05$) e linear na produtividade de colmos em função do teor foliar de P (Figura 3). Isso indica que são necessários manejos adequados que proporcionem maior disponibilidade dos nutrientes no solo, e especificamente o P (Figura 2), que consequentemente contribuirão para aumento da absorção e concentração desse nutriente no tecido foliar. Padrão de resposta semelhante foi observado por Prezotti e Martins (2012) em estudo avaliando efeito da escória de siderurgia na absorção de nutrientes em cana-de-açúcar. Segundo Malavolta (2006), teor de P na folha entre 2,0 e 2,4 g kg⁻¹ de matéria seca é considerado adequado para a cana-de-açúcar. Observa-se, que no presente estudo, essas concentrações foram alcançadas a partir da dose de 2 t ha⁻¹ de calcário, porém o incremento na produtividade de colmos em função do teor foliar de P ficou em torno de 26,9 t ha⁻¹ de colmos para cada aumento de 1 g de P kg⁻¹ de matéria seca da folha da cana-de-açúcar.

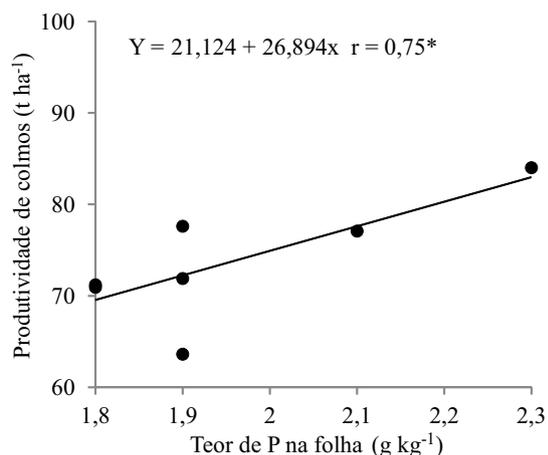


Figura 3 - Produtividade de colmos em função da concentração de fósforo na folha da cana-de-açúcar em razão do fornecimento de doses de calcário no solo

Figure 3 - Productivity of stalks in function of phosphorus concentration in the leaves, supply of levels of limestone

O alto grau de associação positiva entre as características teor foliar de P e produtividade de colmos da espécie (Figura 3) indica que a cana-de-açúcar é exigente em P, e caso seja cultivada em ambiente onde haja deficiência em P, como em solos ácidos, haverá redução na produtividade, fato que justifica o uso de tecnologias que proporcionem maior disponibilidade de P às plantas, entre as quais destaca-se a calagem. Santos *et al.* (2009), Caione *et al.* (2011), Santos *et al.* (2011) e Caione *et al.* (2013) mencionaram que há influência da disponibilidade de P no solo sobre a produtividade da cana-de-açúcar. Além disso, Prezotti e Martins (2012) observaram que

há comportamento semelhante entre produtividade de colmos e teor de P na folha da cana-de-açúcar.

Conclusões

O rendimento e a qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar não foram influenciados pela interação dos fatores doses de calcário e variedades.

As doses de calcário afetam positivamente a disponibilidade do P no solo, na massa foliar e na produtividade de colmos da cana-de-açúcar.

As cultivares de cana-de-açúcar RB 835486 e RB 72454 apresentaram os maiores valores de produtividades de colmo, enquanto as cultivares RB 835486 e RB 835019 foram as que apresentaram as maiores produtividades de açúcar.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo da Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela concessão de bolsa, e à Empresa Jayoro Ltda., pelo apoio à realização do estudo.

Literatura científica citada

- BRASSIOLI, F. B.; PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Avaliação agrônômica da escória de siderurgia na cana-de-açúcar durante cinco ciclos de produção. **Bragantia**, v. 68, n. 2, p. 381-387, 2009.
- 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.
- CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; 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**, v. 9, n. 1, p.1-11, 2011.
- CALDEIRA, D. S. A.; CASADEI, R. A. Efeito do calcário em soqueiras de três variedades de cana-de-açúcar no Mato Grosso. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 3, p. 05-09, 2010.
- CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5a. ed. Lavras: CFSEMG, 1999. 359p.

- CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 153-159, 2011.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v. 34, n. 3, p. 337-342, 2004.
- FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2a. ed. Piracicaba: Ed. EME, 2003. 240 p.
- GHELLER, A. C.; MATSOUKA, S.; NASCIMENTO, R. **Características agrônomicas das variedades RB**. Araras: UFSCar, 2003. 23p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção Agrícola Municipal de 2013: levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE. 121 p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>>. Acesso em: 23abr. 2014.
- LEITE, G. M. V.; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. Efeito de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, cultivar SP80-18161. *Ciência Agrotécnica*, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, 2008.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 631p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento vegetativo e manutenção em três cultivares de cana-de-açúcar. *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v. 8, n. 1, p. 54-60, 2008.
- MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, V. G. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.
- OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; STURM, G. M.; SOUZA, R. B. Corretivos da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 1, p.25-31, 2010.
- PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. *Revista Biociências*, v. 9, n. 3 p. 7-16, 2003.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 9, p. 1199-1204, 2001.
- PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G. Efeito da escória de siderurgia na química do solo e na absorção de nutrientes e metais pesados pela cana-de-açúcar. *Revista Ceres*, v. 59, n. 4, p. 530-536, 2012.
- ROSSETO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. *Bragantia*, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004.
- SANCHEZ, P. A.; COCHRANE, T. T. **Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America**. In: International Rice Research Institute. Soil related constraints to food production in the tropics. Los Banos: IRRI, 1980. p. 106-139.
- SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.
- SANTOS, 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.
- SOBRAL, M. F.; NASCIMENTO, C. W. A.; CUNHA, K. P. V.; FERREIRA, H. A.; SILVA, A. J.; SILVA, F. B. V. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 8, p. 867-872, 2011.
- SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2008.
- VALE, D. W.; PRADO, R. M.; AVALHÃES, C. C.; HOJO, R. H. Omissão de macronutrientes na nutrição e no crescimento da cana-de-açúcar cultivada em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 2, p. 189-196, 2011.
- ZAMBROSI, F. C. B. Adubação com fósforo em cana-soca e sua interação com magnésio. *Bragantia*, v. 71, n. 3, p. 400-405, 2011.