

TEORES E EXTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELAS FOLHAS DO ABACAXIZEIRO ‘VITÓRIA’ SOB ADUBAÇÃO POTÁSSICA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO*

JEFFERSON BITTENCOURT VENÂNCIO¹; WELLINGTON FARIAS ARAÚJO²;
EDVAN ALVES CHAGAS³ E RAFAEL SOUZA MELO⁴

¹Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Agrárias (UFRR/CCA), Rodovia BR 174, km 12, Monte Cristo, Boa Vista – RR, Campus Cauamé, Brasil. E-mail: jeffersonbittencourtvenancio@gmail.com;

²Professor Dr. Associado, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO), Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Roraima, Centro de Ciências Agrárias (UFRR/CCA), Rodovia BR 174, km 12, Monte Cristo, Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: wellington.araujo@ufr.br;

³Pesquisador, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Roraima, Rodovia BR 174, km 8, Distrito Industrial, Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: echagas@embrapa.br

⁴Fiscal Agropecuário, Departamento de Defesa Vegetal, Agência de Defesa Agropecuária do Estado de Roraima (ADERR), Rua Coronel Mota, 1.142, Centro, Boa Vista – RR, Brasil. E-mail: rafael.melo.ufr@gmail.com.

*Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor

1 RESUMO

As condições de cultivo podem afetar o estado nutricional e a extração de nutrientes pelas plantas. Assim, um experimento de campo foi realizado nas condições edafoclimáticas da savana de Roraima, objetivando avaliar o efeito de doses de K₂O e lâminas de irrigação sobre o estado nutricional e a extração de macronutrientes pelas folhas do abacaxizeiro ‘Vitória’, em diferentes idades fisiológicas da planta. O delineamento experimental utilizado foi o em blocos inteiramente casualizados em arranjo de parcelas sub-subdivididas. As parcelas foram compostas pelas doses de potássio – K₂O - 0, 10, 20 e 30 g planta⁻¹, as subparcelas foram compostas pelas lâminas de irrigação em “line source” - 134,9; 267,5; 446,8; 558,3; e 655,2 mm, e as sub-subparcelas pelas épocas de amostragem - 120, 195, 270 e 345 dias após o plantio (DAP). O estado nutricional dos abacaxizeiros foi avaliado quanto aos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e as relações K:N, K:Ca e K:Mg nas folhas. Os teores foliares de K e P não sofreram alterações com as doses de K₂O, mas foram afetados significativamente pelo menor regime hídrico (134,9 mm), principalmente nas épocas de maior déficit hídrico. Os teores foliares de N responderam positivamente ao incremento do K₂O no solo, aos 120 DAP, e decresceram a partir de 270 DAP. A irrigação em nível mais elevado (655,2 mm) reduziu os teores foliares de N. Aos 345 DAP, os teores foliares de Ca e Mg reduziram significativamente com o aumento das doses de K₂O, e apresentaram resposta diferencial aos níveis de irrigação adotados. A relação K:N no tecido foliar não foi afetada pela adubação, mas as relações K:Ca e K:Mg aumentaram significativamente. As lâminas de irrigação influenciaram essas relações de forma diferenciada sendo dependentes da época de amostragem. A ordem de extração de nutrientes nas folhas foi K>N>Ca>Mg>P e, aos 345 DAP, sendo 141,09 kg ha⁻¹ de K (169,95 kg ha⁻¹ de K₂O); 76,97 kg ha⁻¹ de N; 42,58 kg ha⁻¹ de Ca; 25,70 kg ha⁻¹ de Mg; e 9,48 kg ha⁻¹ de P (21,72 kg ha⁻¹ de P₂O₅). A relação de extração N:P:K:Ca:Mg foi de 1,00:0,12:1,83:0,55:0,33. Nas condições de savana de Roraima, considerando a produção de massa seca foliar (MSF), recomenda-se a dose de 16 g planta⁻¹ de K₂O e elevar a umidade do solo à capacidade de campo, quando a tensão de água no solo atingir a faixa de 25 a 50 kPa.

Recebido em 23/09/2015 e aprovado para publicação em 21/06/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n2p400-419>

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*, nutrição mineral, savana, Amazônia.

**VENÂNCIO, J.B.; ARAÚJO, W.F.; CHAGAS, E.A.; MELO, R.S.
LEVELS AND UPTAKE OF MACRONUTRIENT BY 'VITORIA' PINEAPPLE
LEAVES UNDER POTASSIUM FERTILIZATION AND IRRIGATION**

2 ABSTRACT

The field experiment was conducted at conditions of the savanna of Roraima to evaluate the effect of potassium and irrigation levels on nutritional status and macronutrient uptake by leaves of pineapple 'Vitoria' in different physiological ages of the plant. The experimental design was a completely randomized block with split-split plot arrangement. The plots were composed by potassium – K₂O - (0, 10, 20 and 30 g plant⁻¹), the subplots were composed by irrigation in "line source" - 134.9; 267.5; 446.8; 558.3; and 655.2 mm, and sub - subplots, the sampling times - 120, 195, 270 and 345 days after planting (DAP). The nutritional status of pineapple was evaluated for macronutrients (N, P, K, Ca, Mg and K:N ratio, K:Ca and K:Mg) in the leaves. The foliar concentrations of K and P were not altered by doses of potassium, but were significantly less affected by water regime (134.9 mm), especially in times of increased water deficit. The foliar N content responded positively to increase of potassium at 120 DAP and decreased from 270 DAP. The irrigation in its highest level (655.2 mm) reduced foliar N. At 345 DAP, the foliar Ca and Mg were significantly decreased with increasing doses of potassium and showed differential response to irrigation levels. The K:N ratio in leaf tissue was not affected by fertilization, but the relations K:Ca and K:Mg were significantly increased. Water depth influenced these relationships differently by the time of sampling. The order of extraction of nutrients in the leaves was K > N > Ca > Mg > P at 345 DAP, with 141.09 kg ha⁻¹ of K (169.95 kg ha⁻¹ K₂O); 76.97 kg ha⁻¹ of N; 42.58 kg ha⁻¹ of Ca; 25.70 kg ha⁻¹ of Mg; and 9.48 kg ha⁻¹ of P (21.72 kg ha⁻¹ P₂O₅). The extraction ratio was N:P:K:Ca:Mg 1.00:0.12:1.83:0.55:0.33, respectively.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*; mineral nutrition; savanna; Amazônia.

3 INTRODUÇÃO

A região de Roraima, localizada ao extremo norte da Amazônia Brasileira, encontra seu espaço fitofisionômico inserido em três grandes sistemas ecológicos: florestas, campinas-campinaranas e savanas ou lavrado (NEVES; MORAIS, 2015). O sistema ecológico das savanas possui condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de muitas culturas, entre elas a do abacaxi.

A abacaxicultura é praticada em muitos países tropicais: EUA (particularmente no Havaí), Filipinas, Austrália, África do Sul, Porto Rico, Quênia, México, Cuba e Formosa, tendo a 'Smooth Cayenne', como principal cultivar plantada (AZEVEDO et al., 2007). No Brasil, as cultivares mais plantadas são: 'Pérola', que corresponde a 80% da área plantada, seguido das 'Smooth Cayenne', 'Jupi' e 'Gold' (MD-2), além de outras variedades locais, mais comum na

região Amazônica (MATOS; REINHARDT, 2009). Porém, essas cultivares e variedades são suscetíveis à fusariose, doença que mais ataca o abacaxizeiro no Brasil. Alternativamente, a Embrapa Mandioca e Fruticultura tropical tem recomendado as cultivares Imperial e Vitória, apresentando boas características agrônômicas e resistência à fusariose.

A literatura é ampla em informações referentes ao nível crítico foliar dos macros e micronutrientes para cultura do abacaxizeiro (GUARÇONI; VENTURA, 2011; RODRIGUES, 2009; SOUZA; REINHARDT, 2007; TEIXEIRA et al., 2011); contudo, há falta de padronização quanto à época de amostragem e a parte da planta a ser analisada, sendo registradas grandes amplitudes de variação nos valores nutricionais da planta. Para cultivar Imperial, os teores foliares em nível normal e deficiente foram definidos por Ramos et al. (2011), nas idades de 5, 7, 9 e 12 meses. Mas, para a cultivar Vitória, os limites ainda não foram estabelecidos.

Nas condições de campo, a disponibilidade do nutriente e a umidade do solo em contato com a superfície das raízes, são as condições para que os nutrientes sejam absorvidos pela planta. Portanto, a utilização de fertilizantes e da irrigação pode afetar diretamente a composição mineral e a extração de nutrientes pela planta. Muitos estudos têm sido realizados com o intuito de verificar o efeito de diferentes doses e fontes de K_2O sobre a nutrição mineral do abacaxizeiro (GUARÇONI; VENTURA, 2011; RODRIGUES, 2009; TEIXEIRA et al., 2011), entretanto, esses trabalhos não enfatizam esse efeito de acordo com a idade da planta e não trazem informações sobre a extração de nutrientes pela cultura. Também, não foram encontrados registros sobre nutrição mineral da cultivar Vitória. Mais recentemente, Feitosa et al. (2011) trouxeram informações referente à extração de micronutrientes pelo abacaxizeiro 'Vitória', mas, quanto aos macronutrientes, não foram encontrados registros.

Na savana roraimense, ocorrem solos de baixa fertilidade natural, sendo predominante Latossolos e Argissolos de coloração amarelada e coesos (BENEDETTI et al., 2011). Também, ocorre prolongado período de clima seco e déficit hídrico, fazendo-se necessário o uso da irrigação para que a abacaxicultura seja economicamente viável, já que a espécie possui cultivo de soca. Tais condições, singulares da savana de Roraima, devem ser investigadas quanto à nutrição mineral, pois, sistemas irrigados estão mais susceptíveis a perdas por lixiviação, principalmente, em solos arenosos e de baixa CTC.

Assim, sob as condições ecológicas da savana de Roraima, objetivou-se avaliar os teores e a extração de macronutrientes em folhas do abacaxizeiro 'Vitória', sob diferentes doses de adubo potássico e lâminas de irrigação, em diferentes épocas de amostragem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Roraima (UFRR), campus Cauamé, Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Boa Vista – RR, Brasil (02°42'30"N, 47°38'00"O e 90m de altitude). A região apresenta precipitação anual média de 1688 mm, com estação seca entre os meses de outubro e março (ARAÚJO et al., 2001). A média anual de temperatura do ar é 27,7°C e o clima classificado como Tropical Chuvoso (Aw) muito quente, segundo a classificação de Köppen (ARAÚJO et al., 2012).

As informações climáticas de temperatura e umidade relativa do ar e precipitação acumulada, coletadas em estação automática durante o período experimental, são apresentadas na Figura 1A. O experimento foi realizado em ambiente de savana e o solo classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso típico, textura Franco-Argilo-Arenosa (491 g kg⁻¹ de areia, 151 g kg⁻¹ de silte e 358 g kg⁻¹ de argila e densidade do solo de 1,50 g cm⁻³) (BENEDETTI

et al. 2011). As propriedades químicas e as características granulométricas do solo estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Com as informações climatológicas obtidas durante o ciclo de cultivo e de solo (umidade na capacidade de campo – $\theta_{cc} = 0,210$ e $0,230 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; umidade no ponto de murcha permanente – $\theta_{pmp} = 0,107$ e $0,120 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, para as profundidades de 0-15 e 0-30 cm respectivamente; capacidade de armazenamento de água – CAD = 32 mm) presentes na área experimental, obteve-se o balanço hídrico climatológico, para o abacaxizeiro (Z = 30 cm), durante o período de desenvolvimento vegetativo. Estas informações, juntamente com a evapotranspiração Penman-Monteith (FAO 56), encontram-se na Figura 1B.

Figura 1. Temperaturas máxima – T_{max} , média – T_{med} e mínima – T_{min} ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa - UR (%) do ar (A); balanço hídrico climático (CAD = 32 mm) e evapotranspiração Penman-Monteith (FAO 56) – ET FAO 56¹ (B), ao longo do desenvolvimento vegetativo do abacaxizeiro ‘Vitória’ (Z = 30 cm). Boa Vista-RR, 2012. ¹ET FAO 56 obtida em estação automática próxima da área experimental.

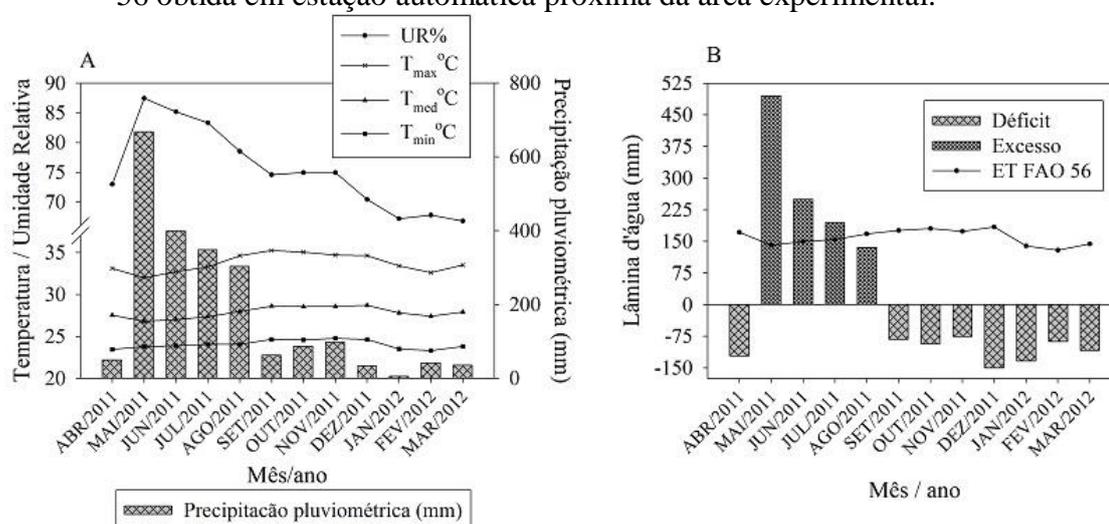


Tabela 1. Análise química para caracterização da disponibilidade inicial de macronutrientes no solo da área experimental para o cultivo do abacaxizeiro ‘Vitória’. Boa Vista-RR, 2012.

Prof. (cm)	pH	Complexo sortivo ⁽¹⁾							P	M.O.	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T			
0-15	5,18	0,81	0,25	0,02	1,6	2,26	1,08	2,68	3,34	5,05	10,01
15-30	4,21	3,38	0,10	0,01	2,4	3,65	3,49	5,89	7,14	3,89	6,19

⁽¹⁾pH em água (1:2,5); Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺: extrator KCl 1 mol L⁻¹; K⁺ e P: extrator mehlich-1; H+Al: extrator SMP; M.O.: matéria orgânica por Walkey – Black; S: soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio.

Tabela 2. Disponibilidade inicial de micronutrientes e granulometria do solo da área da área experimental para o cultivo do abacaxizeiro 'Vitória'. Boa Vista-RR, 2012.

Prof. (cm)	Micronutrientes ⁽¹⁾						Granulometria		
	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	Argila	Silte	Areia
	----- mg dm ⁻³ -----						----- g kg ⁻¹ -----		
0-15	1,66	61,0	3,2	0,13	0,34	3,96	252	85	663
15-30	0,66	48,7	0,2	0,13	0,25	6,50	307	70	623

⁽¹⁾Zn, Fe, Mn e Cu: extrator mehlich-1; B: extrator água quente; S: extrator fosfato monocálcio em ácido acético.

Tabela 3. Equações da curva característica do solo, para as camadas de 0-15 e 15-30 cm. Boa Vista-RR, 2012.

Camada (cm)	Umidade do solo (U%) ¹	R ²
0-15	$\theta\% = \{10,685 - 1,3113 \ln[(\Psi_m \times 0,009869) - 0,0197]\} \times 1,5$	0,9606
15-30	$\theta\% = \{11,803 - 1,3999 \ln[(\Psi_m \times 0,009869) - 0,0200]\} \times 1,5$	0,9688

¹Umidade do solo baseada em base em volume ($\theta\%$); potencial matricial (Ψ_m), em kPa.

Mudas micropropagadas do abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) 'Vitória' foram aclimatizadas em casa de vegetação e, quando atingiram 30±10 cm de altura, transferidas para ambiente externo, para aclimação nas condições de campo. O plantio das mudas no campo foi realizado em covas de 20 cm de diâmetro e profundidade em 10 de abril de 2011, cerca de 30 dias após o preparo do solo e calagem. O preparo do solo consistiu de uma aração e um nivelamento. A necessidade de calcário foi determinada pelo critério do Al³⁺ e do Ca²⁺ + Mg²⁺, levando em consideração o valor de Y (1,51), em função da textura do solo, X = 2,0 e M_t = 15%, conforme recomendação da Ribeiro et al. (1999), para calcário dolomítico, na profundidade de 0-15 cm. Por ocasião do plantio, foi aplicado nas covas 3 g planta⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples; 1,5 g planta⁻¹ de micronutriente FTE BR-12 (B = 1,8%; Cu = 0,8%; Fe = 3,0%; Mn = 2,0%; Zn = 0,9% e Mo = 0,1%); e 1/3 (3 g planta⁻¹) do N recomendado (RIBEIRO et al., 1999), na forma de uréia.

As adubações de cobertura foram realizadas com a complementação do N (6 g planta⁻¹) e com as doses de K₂O, na forma de cloreto de potássio, correspondente aos tratamentos contemplados em cada unidade experimental. Os adubos foram aplicados numa faixa de 10 cm de largura, 5 cm ao lado e abaixo do colo da planta, com posterior incorporação ao solo. As doses foram igualmente divididas e o parcelamento ocorreu aos 90, 165, 240 e 315 dias após o plantio das mudas no campo (DAP), totalizando quatro aplicações.

Os tratos culturais envolveram aplicação de cobertura morta, utilizando a palha da gramínea natural *Trachypogon plumosus*, sobre as entrelinhas; e capinas manuais com manutenção da palhada. Utilizou-se o inseticida líquido, a base de fenil pirazol (2,5 g L⁻¹), na dosagem de 2,5 ml L⁻¹ de calda, para controle das formigas. A indução floral foi realizada aos 345 dias após o plantio, com produto a base de Etefom (240 g L⁻¹), na dosagem de 4 L ha⁻¹ do produto comercial.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram esquematizados em parcelas sub-subdivididas, cujas parcelas corresponderam a quatro doses de adubação potássica (0, 10, 20 e 30 g planta⁻¹ de K₂O) e as subparcelas a cinco lâminas de irrigação (L1 = 134,95; L2 = 267,49; L3 = 446,77; L4 = 558,26;

e L5 = 655,18 mm). O desenvolvimento vegetativo das plantas foi analisado em sub-parcelas, sendo quatro épocas distintas (120, 195, 270 e 345 DAP).

A área experimental totalizou 303 m² (20,2 × 15,0 m), sendo constituída por 60 unidades experimentais de 4,48 m² (2,8 × 1,6 m) e bordaduras laterais de 0,5 m. Adotou-se o espaçamento em linhas duplas de 1,0 × 0,4 × 0,4 m, representando a densidade de 35.710 plantas ha⁻¹. Cada unidade experimental compôs quatro filas de abacaxi (16 plantas), tomando-se como área útil a fileira dupla central (8 plantas). Cada parcela foi constituída de 80 plantas (22,4 m²) e subparcelas de 16 plantas (4,48 m²), totalizando 960 plantas.

A irrigação foi aplicada por aspersão convencional, utilizando aspersores FABRIMAR modelo ECO A232, com bocais de 6,4 × 3,2 mm de diâmetro. Durante o período de estabelecimento da cultura (0-120 DAP), a irrigação foi suplementar, em espaçamento de 12 x 12 m. A lâmina d'água aplicada neste período totalizou 115 mm, posteriormente adicionados aos tratamentos do fator Lâminas de Irrigação.

As lâminas de irrigação foram aplicadas em única linha ("Line Source") de aspersores, espaçados a 6 m entre si. A pressão de serviço adotada no início da linha variou de 15 a 20 m.c.a., conforme a incidência e direção do vento local, buscando-se um raio de alcance de aproximadamente 13 m. As distâncias das linhas de aspersores ao centro de cada parcela do fator lâminas de irrigação foram: 1,9; 4,7; 7,5; 10,3; e 13,1 m, correspondendo às lâminas de água L5, L4, L3, L2 e L1, respectivamente. A lâmina d'água aplicada, em cada nível de irrigação, foi definida pela média de precipitação ocorrida em quatro coletores distribuídos ao longo de cada subparcela. O controle da umidade no solo foi efetuado por um conjunto de dois tensiômetros a 0,15 e 0,30 m de profundidade (decisão e controle, respectivamente), instalados em três pontos na subparcela L4 (a 4,7 m de distância da linha de irrigação). O momento para se proceder a irrigação foi definido pela média das leituras dos tensiômetros de decisão, adotando valores de tensão de água no solo na faixa de 25 a 50 kPa (OLIVEIRA et al., 2006). A lâmina líquida (LL) de irrigação baseou-se nos valores de umidade do solo estimados com as equações da curva característica (Tabela 3), sendo calculado pela diferença entre o volume de água na capacidade de campo e o volume de água atual no solo. Para a lâmina bruta (LB = LL/Ef) aferiu-se 70% de eficiência do sistema (Ef = 0,7).

Em cada época de avaliação (120, 195, 270 e 345 DAP), foi retirada uma planta de cada unidade experimental e levadas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, por sete dias. A massa seca das folhas (MSF) foi obtida pela pesagem em balança semi-analítica com precisão de 0,01g. Posteriormente, o material foi moído em moinho do tipo Willey, com peneira de 20 mesh, e armazenado em frascos hermeticamente fechados. Os teores totais de N, P, K Ca e Mg foram obtidos conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). A extração foliar de nutrientes pela cultura foi obtida multiplicando-se os teores do nutriente nas folhas da planta pela produção de MSF proporcionais a um hectare plantado.

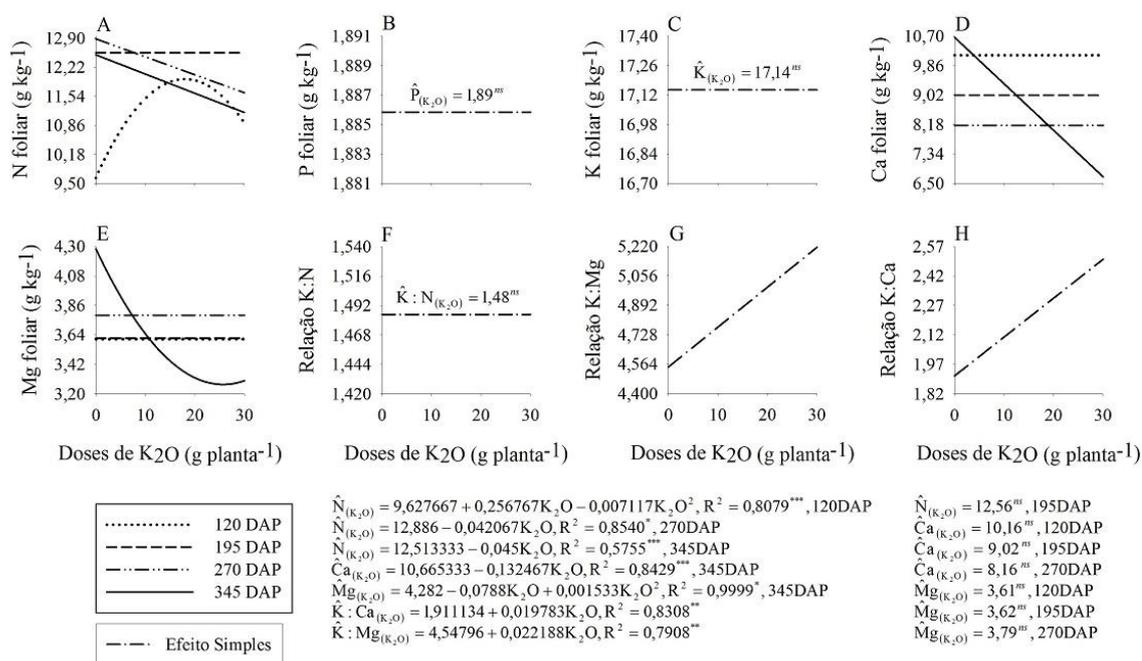
Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e correlação linear. Os fatores quantitativos foram ajustados a equações de regressão polinomial, adotando-se como critérios para escolha dos modelos os significados biológicos, os valores R² e a significância dos estimadores dos parâmetros de regressão até 5%. Os fatores qualitativos, quando significativos pelo teste F, foram submetidos a teste de Tukey (p<0,05).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares de N do abacaxizeiro 'Vitória' responderam significativamente à interação doses de K₂O (K) × épocas de amostragem (E) (Figura 2A). Aos 120 dias após o

plântio (DAP), os teores foliares de N ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão e o teor máximo de N foi estimado em $11,94 \text{ g kg}^{-1}$, com a aplicação de $18,04 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O . Aos 195 DAP, a resposta para os teores foliares de N às doses de K_2O aplicadas no solo não foi significativa e, aos 270 e 345 DAP, houve decréscimos lineares de 4,21 e 4,5%, respectivamente, para cada dose de fertilizante aplicada (Figura 2A).

Figura 2. Efeito das doses de K_2O aplicadas no solo (0, 10, 20 e 30 kg ha^{-1} de K_2O) (K) sobre os teores foliares de N, P, K, Ca e Mg (A, B, C, D e E) e nas relações nutricionais K:N, K:Mg e K:Ca (F, G e H) em abacaxizeiro ‘Vitória’ cultivado em ambiente de savana. Boa Vista-RR, 2012. ***, **, * e ^{ns} significativo a 0,1; 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.



Os resultados obtidos aos 120 DAP demonstram que inicialmente, quando a concentração de K no solo apresenta disponibilidade muito baixa (Tabela 1), a absorção de N pela planta é favorecida pela aplicação de K_2O no solo, até a dose de $18,04 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 2A). Possivelmente, o aumento no teor foliar de N com as doses de K_2O ocorreu devido à maior produção de fotoassimilados para biossíntese de proteínas e aminoácidos, em decorrência do papel específico do K na abertura e fechamento dos estômatos, que regula as trocas gasosas e a captura do CO_2 no processo de fotossíntese (MALEZIÉUX; BARTHOLOMEW, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2009). Ao longo do período de amostragem, o aumento na disponibilidade de K no solo, propiciado pelo segundo (165 DAP), terceiro (240 DAP) e quarto (315 DAP) parcelamento do adubo, associado à baixa CTC do solo da área experimental, torna-se preponderantes sobre a adsorção do NH_4 fornecido pela uréia, a qual fica sujeita a perdas tanto pelo processo de lixiviação quanto de volatilização. Segundo Cantarella e Marcelino (2007), o processo de hidrólise da uréia consome prótons (H^+) e provoca a elevação do pH ao redor das partículas; assim, quando as condições ambientais favorecem a hidrólise da uréia sem, no entanto, incorporá-la ao solo, o N fica sujeito a perdas por volatilização do NH_3 . Dessa forma, os teores foliares de N passam a não significativos aos 195 DAP e linear negativo a partir dos 270 DAP (Figura 2A). O fenômeno pode vir a auxiliar na explicação de alguns resultados

divergentes encontrados na literatura para cultura do abacaxizeiro, como as reduções lineares no N foliar em função do aumento de doses de K_2O aplicadas no solo, observadas por Spironello et al. (2004) e Teixeira et al. (2011), as elevações verificadas por Guarçoni M. e Ventura (2011) e os resultados não significativos obtidos por Rodrigues (2009) e Veloso et al. (2001).

Houve efeito simples de lâminas de irrigação sobre os teores foliares de N do abacaxizeiro 'Vitória' (Figura 3A). Quanto ao baixo teor foliar de N em L5, considerando a alta mobilidade do N no perfil (COSTA et al., 1999), é possível que perdas tenham sido provocadas pela lixiviação tanto do NH_4^+ , proveniente da hidrólise da uréia, quanto do NO_3^- , proveniente da nitrificação do NH_4^+ ; devido o elevado volume de água aplicado no solo. Segundo Maleziéux e Bartholomew (2003), uma aeração inadequada promovida pelo excesso de umidade do solo pode restringir a formação e a persistência dos pelos radiculares, além de promover aumento na proporção de aerênquima da raiz (efeito semelhante ao que ocorre em condições de compactação do solo). Assim, tais condições comprometem drasticamente as extensões das células epidérmicas do sistema radicular, reduzindo a superfície destinada à absorção de água e nutrientes.

Os teores foliares de N nos níveis de irrigação L3 e L4 (Figura 3A), lâminas que melhor responderam aos tratamentos no tocante ao incremento em massa seca das folhas (MSF) (Figura 4), evidenciaram efeito de diluição do N, uma vez que estes teores foram menores ou iguais aos observados em L1 e L2, onde houve menores valores de MSF. Este fenômeno, frequentemente, ocorre quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é maior que à taxa de absorção do nutriente (MAIA et al., 2005).

No solo, o nitrogênio (principalmente o ânion NO_3^-) dissolvido na solução move-se em direção à superfície de absorção radicular carregado no fluxo em massa de água ou difusão. Uma vez que o fluxo em massa ocorre por diferença de pressão, determinada em primeira instância pela taxa de transpiração, a absorção do nutriente apresentará intrínseca relação com este processo. Trabalhando com abacaxizeiro 'Red Spanish', nas condições de savana da bacia do Orinoco, Venezuela, San José et al (2007), verificaram drástica redução na energia disponível utilizada para evapotranspiração, quando a umidade solo atingiu valores abaixo da capacidade de campo. Assim, infere-se que condições de déficit no solo limita a evapotranspiração e, por consequência, a absorção dos íons presentes na solução do solo, entre eles o nitrogênio.

Em geral os teores foliares de N estão próximos de 12,9; 11,3-18,6; e 9,7-14,8 g kg^{-1} considerados adequados por Veloso et al. (2001), Rodrigues (2009) e Ramos et al. (2011), respectivamente, e ligeiramente abaixo dos 13-15 g kg^{-1} admitido por Souza e Reinhardt (2007) para o ciclo cultura. Para o momento da indução floral, os teores estão adequados segundo Souza e Reinhardt (2007).

Figura 3. Efeito das lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5) (L) sobre os teores foliares de N e P (A e B) e da interação L × Épocas de amostragem (E) (120, 195, 270 e 345 dias após o plantio) sobre os teores de K, Ca e Mg e nas relações nutricionais K:N, K:Ca e K:Mg (C, D, E, F, G e H) do abacaxizeiro ‘Vitória’ cultivado em ambiente de savana, Boa Vista-RR, Brasil. Abril de 2011/ março de 2012. Mesmas letras representam médias que não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

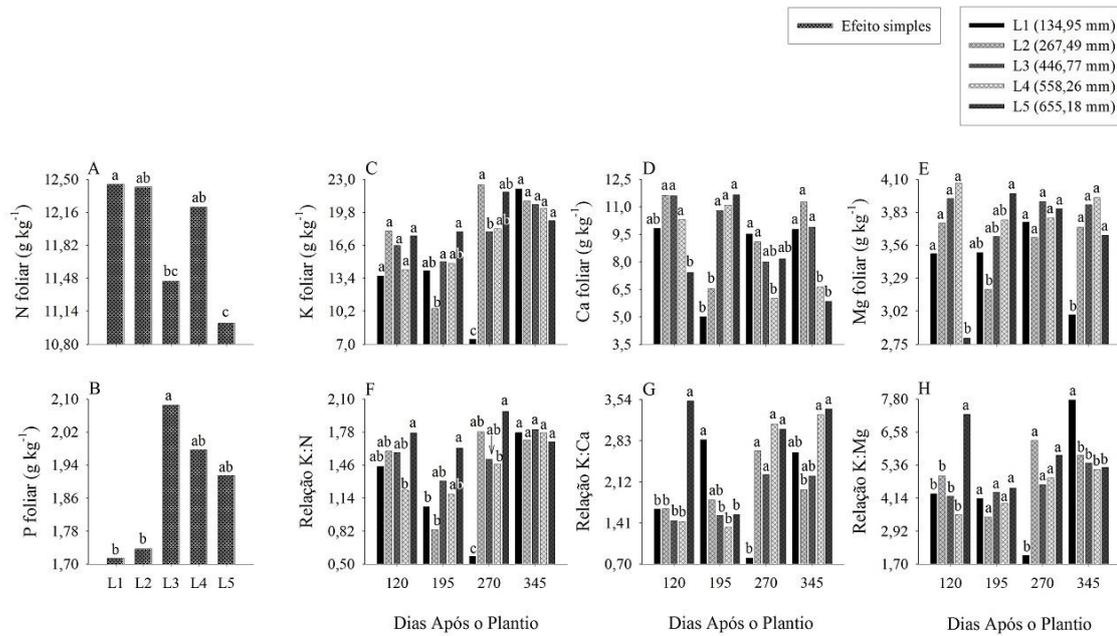
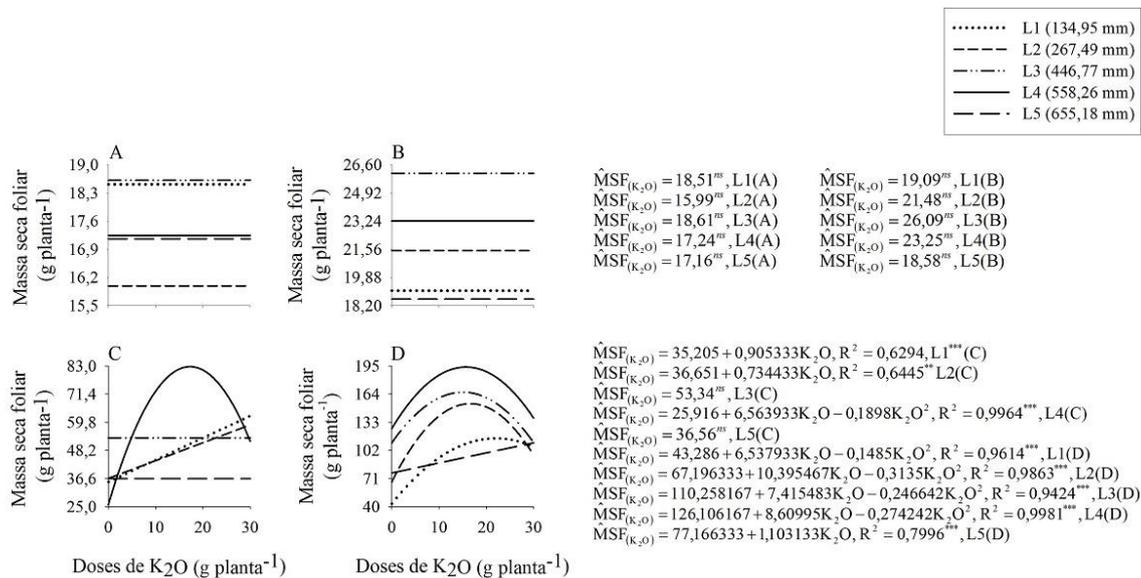


Figura 4. Massa seca foliar do abacaxizeiro ‘Vitória’ (MSF) aos 120 (A), 195 (B), 270 (C) e 345 dias após o plantio (D), cultivado sob doses de K_2O (0, 10, 20 e 30 $g\ planta^{-1}$) e lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5), em ambiente de savana. Boa Vista-RR, 2012. ***, ** e ns significativo a 0,1 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. Letra entre parênteses depois das equações e do símbolo da lâmina de irrigação aplicada representa a imagem em que a equação está inserida.



Os teores foliares de P não foram afetados pelas doses de K_2O aplicadas no solo (K), pelas épocas de avaliação (E), pelas interações $K \times$ lâminas de irrigação (L) e $L \times E$. O efeito não significativo das doses de K_2O sobre os teores foliares de P corroboram os resultados obtidos por Guarçoni e Ventura (2011), Paula et al. (1999), Rodrigues (2009), Spironello et al. (2004) e Veloso et al. (2001). A concentração foliar P também está de acordo com os valores obtidos por estes autores e entre 0,67 e 1,23 $g\ kg^{-1}$, considerado adequado por Ramos et al. (2011).

Quanto às lâminas de irrigação, estas tiveram efeito significativo nos teores foliares de P, evidenciando que níveis baixos de umidade no solo diminuem os teores foliares de P, conforme se verificou para as lâminas de 134,95 mm (L1) e 267,49 mm (L2) (Figura 3B). O teor de P verificado com L3 superou significativamente, em 17,8%, o teor obtido com L1 e L2 e não diferiu dos teores em L4 e L5. Possivelmente, isso ocorreu devido ao aumento do fluxo difusivo de P favorecido pelo aumento do conteúdo de água no solo, como demonstrado por Costa et al. (2006).

Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) nas concentrações foliares de K em função das doses de K_2O aplicadas no solo (K) (Figura 2C) ou sob as interações $K \times$ lâmina de irrigação adotada (L) \times época de amostragem (E), $K \times L$ e $K \times E$. Entretanto, os teores foliares de K foram significativamente afetados pela interação $L \times E$ (Figura 3C).

A literatura é ampla em resultados de efeito significativo da adubação potássica sobre o teor foliar de K em abacaxizeiro (GUARÇONI; VENTURA, 2011; RODRIGUES, 2009; SPIRONELLO et al., 2004; TEIXEIRA et al., 2011; VELOSO et al., 2001), sendo pouco comum a ocorrência de resultado não significativos. Embora as doses de K aplicadas no solo tenham apresentado respostas não significativas sobre os teores foliares de K do abacaxizeiro ‘Vitória’, o aumento significativo observado para MSF (Figura 4) é indicativo de acúmulo deste

nutriente. Assim, infere-se que a planta atingiu a zona de suficiência, mas continuou a absorver para aumentar o seu crescimento. Dessa forma, os resultados caracterizaram efeito de diluição.

A baixa fertilidade natural dos solos da savana, com nível muito baixo de potássio e baixa capacidade de troca catiônica (CTC) (Tabela 1), são os fatores que preponderaram para expressão dos resultados de K foliar. Em geral, estes são os fatores que determinam a atividade e o poder tampão de potássio no solo, bem como a capacidade do solo em manter estável a concentração de K na solução (ERNANI et al., 2007). A concentração inicial de K no solo da área experimental ($7,82 \text{ mg dm}^{-3}$) foi muito abaixo dos 31 a 40 mg dm^{-3} , admitido por Vilela et al. (2004), como adequado para solos de cerrado com CTC inferior a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Para o abacaxizeiro, os resultados obtidos por Teixeira et al. (2011) demonstram que quanto menor os teores de K no solo, menores os teores foliares de K.

O K foliar observado (Figura 2C) está em conformidade com os 17,3 e os 11,6-20,0 kg^{-1} estabelecidos por Veloso et al. (2001) e Ramos et al. (2011), respectivamente; porém, está abaixo dos 35 g kg^{-1} admitido por Souza e Reinhardt (2007), para o período ao longo do ciclo. Entretanto, nenhum destes trabalhos adotou a cv. Vitória para o estabelecimento dos níveis de nutrientes nas folhas.

Quanto ao efeito da irrigação sobre os teores foliares de K, aos 120 e aos 345 dias após o plantio (DAP) não houve alterações significativas para as lâminas d'água aplicadas (Figura 3C). Aos 195 DAP, início do período de déficit hídrico no solo e diminuição das chuvas (Figura 1, A e B), verificou-se menores valores de K foliar nos baixos níveis de irrigação. Aos 270 DAP, a lâmina de irrigação L1 (134,95 mm), que representou o nível hídrico mais próximo ao do regime de sequeiro, apresentou os menores valores de K foliar. Possivelmente, os elevados índices de déficit hídrico no solo e a precipitação pluviométrica abaixo dos 80 mm/mês (ALMEIDA et al., 2002) exigido pela cultura foram os fatores que contribuíram para estes resultados. A importância do conteúdo de água no solo no transporte do K até a raiz através dos mecanismos de difusão e fluxo de massas foi demonstrada por Oliveira et al. (2004).

Os teores foliares de Ca e Mg foram significativamente afetados pelas interações $K \times E$ e $L \times E$ (Figuras 2, D e E; e 3, D e E). No desdobramento da interação $K \times E$, os teores de Ca e Mg não foram afetados significativamente pelas doses de K_2O aplicadas no solo, aos 120, 195 e 270 DAP; contudo, foram afetados negativamente aos 345 DAP. Aos 345 DAP, houve decréscimo linear de 13,25% nos teores foliares de Ca, em função da dose de K_2O aplicada, e redução quadrática nos teores de Mg, cujo mínimo estimado foi 3,29 g kg^{-1} de Mg para a aplicação de 25,70 g planta^{-1} de K_2O . Para esses nutrientes, Malavolta (2006) entende o fenômeno como inibição competitiva. Quanto ao processo no solo, à medida que ocorre cada parcelamento da adubação potássica, o fator concentração de K no solo torna-se predominante, deslocando Ca^{2+} e Mg^{2+} com maior energia de adsorção. Efeito semelhante foi relatado por Paula et al. (1991), Teixeira et al. (2011) e Veloso et al. (2001), para os teores foliares de Ca e Mg em abacaxizeiro 'Pérola', e por Spironello et al. (2004), para o teor de Mg em 'Smooth Cayenne'. Entretanto, resultados não significativos em relação à resposta de doses de K_2O sobre teores foliares de Ca no abacaxizeiro são comumente encontrados na literatura (PAULA et al., 1999; RODRIGUES, 2009; SPIRONELLO et al., 2004; VELOSO et al., 2001).

Os teores foliares de Ca estão de acordo com os valores obtidos por Veloso et al. (2001), em experimento com aplicação de 1,0 t ha^{-1} de calcário. Entretanto, acima dos valores observados por Paula et al. (1999), Rodrigues (2009) e Teixeira et al. (2002), em experimento sem a prática da calagem. Veloso et al. (2001), verificam que a aplicação de 1,0 t ha^{-1} de calcário dolomítico, em Latossolo Amarelo do nordeste paraense, não resultou em aumentos na produtividade e reduziu o tamanho dos frutos. Dessa forma, os resultados apresentados demonstram a necessidade de estudos sobre métodos de calibração de calcário, para a cultura

do abacaxizeiro na savana. Quanto aos teores foliares de Mg os valores estão próximos aos obtidos por Spironello et al. (2004) e Teixeira et al. (2002).

Embora tenha ocorrido variação significativa nos teores foliares de Ca e Mg entre os diferentes níveis de irrigação aplicado dentro de cada época de avaliação, em todas as lâminas os teores destes nutrientes estavam dentro da faixa adequada, conforme Paula et al. (1999), Rodrigues (2009), Spironello et al. (2004), Teixeira et al. (2002) e Veloso et al. (2001). Em geral, pode-se inferir que houve maior demanda de Ca pelo abacaxizeiro 'Vitória' na fase inicial de desenvolvimento, decrescendo na fase vegetativa e por ocasião da indução floral. Rodrigues (2009) obteve resultados semelhantes para a cultivar Pérola, com maiores valores aos 4 meses de idade e posterior decréscimo aos 8 meses e no momento da indução floral.

Quanto as relações K:N, K:Ca e K:Mg, o efeito foi não significativo para as interações $K \times L \times E$, $K \times L$ e $K \times E$. O efeito simples de K foi não significativo para K:N, porém, linear positivo de 1,98 e 2,21%, para K:Ca e K:Mg, respectivamente, em função das doses aplicadas (Figuras 2F, G e H). Na literatura têm sido constatados aumentos lineares na relação K:N (GUARÇONI; VENTURA, 2011; RODRIGUES, 2009; SPIRONELLO et al., 2004). Entretanto, os resultados obtidos por estes autores foram provenientes tanto do aumento nos teores foliares de K, como do decréscimo nos teores de N (SPIRONELLO et al., 2004). Deste modo, o efeito não significativo para relação K:N no presente trabalho se deve, principalmente, ao efeito não significativo obtido para os teores foliares K em relação às doses de K_2O , discutida anteriormente. A elevação nas relações K:Ca e K:Mg com o aumento das doses de K_2O , estão de acordo com os resultados obtidos por Spironello et al. (2004) e Veloso et al. (2001). Porém, Rodrigues (2009) verificou aumentos lineares na relação K:Mg, mas, efeito não significativo na relação K:Ca.

Quanto à resposta das diferentes lâminas de irrigação sobre as relações K:N, K:Ca e K:Mg, houve variações significativas dentro de cada época de amostragem (Figura 3F, G e H). Aos 120 DAP, embora tenham ocorrido maiores valores de K:N, K:Ca e K:Mg em L5, os resultados são pouco conclusivos. Esta época foi caracterizada por estação de chuva e excesso hídrico no solo (Figura 1A e B), bem como pelo período de estabelecimento da cultura. Aos 195 e 270 DAP, épocas caracterizadas por clima seco e déficit hídrico no solo, os valores elevados na K:N em L5 foram provenientes dos baixos teores foliares de N em relação ao K foliar. Assim, com a baixa umidade do solo na sub-superfície, a aplicação de lâminas de irrigação superiores às da capacidade de água disponível no solo, como as de L5, provavelmente lixiviou o N (com menor energia de adsorção) aplicado via fertilizante, resultando em baixa disponibilidade deste elemento na zona radicular para ser absorvido e, como consequência, em baixos teores foliares de N. Houve baixa relação K:N em L1 e L2, aos 195 DAP, e em L1 aos 270 DAP. Esses resultados decorreram dos baixos teores foliares de K que, possivelmente, teve dificultada sua absorção pela planta durante os processos de difusão desse elemento, em decorrência da baixa umidade do solo (ERNANI et al, 2007). Aos 345 DAP, não houve diferenças significativas na relação K:N, em função das lâminas de irrigação.

Aos 195 DAP, o valor da razão K:Ca em L1 foi significativamente superior às das demais lâminas de irrigação; contudo, aos 270 DAP, a relação K:Ca apresentou o menor valor (Figura 3G). Estes resultados contrastantes se devem, principalmente, à variação ocorrida nos teores foliares de K. As condições climáticas ocorridas aos 195 DAP (outubro de 2011) e 270 DAP (Janeiro de 2012) (Figura 1, A e B), concomitantes às formas de aplicação do adubo potássico e calcário, possibilitam a compreensão do fenômeno. No mês de referência correspondente à época 195 DAP, houve precipitação pluviométrica de 86,40 mm, evapotranspiração potencial de 180,39 mm e déficit hídrico no solo de 93,11 mm. Já, no mês correspondente à época 270 DAP, a situação tornou-se mais limitante, com os respectivos

valores de 5,40, 139,10 e 133,70 mm. Assim, considerando a forma de aplicação do adubo potássico, 10 cm ao lado e 5 cm abaixo da planta, e a forma de fornecimento de cálcio, calagem em área total, se pode compreender a menor difusão do K (afastado das raízes) em relação a absorção do Ca (em contato com a raiz), com o agravamento das condições hídricas da atmosfera e do solo, uma vez que a aplicação de água, em L1, ocorreu basicamente durante o período de estabelecimento da cultura. Aos 345 DAP, por ocasião do início das precipitações pluviométricas, os teores foliares de K se restabeleceram, pouco interferindo nas relações K:Ca. Padrão semelhante foi observado para a relação K:Mg (Figura 3H), possivelmente porque Mg é fornecido juntamente com Ca pela calagem.

Embora o equilíbrio nutricional entre os elementos K, Ca e Mg sejam de grande importância para cultura do abacaxizeiro, informações sobre as relações foliares K:N, K:Ca e K:Mg são escassas e valores de referência ainda não foram estabelecidos. Entretanto, Rodrigues (2009), trabalhando com a cultivar Pérola, admitiu valores de 2,4-3,0, para relação K:N, 3,0, para K:Ca, e 5,0, para K:Mg.

A massa seca das folhas (MSF) e as extrações foliares de N, K, Ca e Mg pelo abacaxizeiro 'Vitória', respondeu significativamente à interação $K \times L \times E$ (Figuras 4, 5, 6, 7 e 8), enquanto a extração de P respondeu às interações $K \times E$ e $L \times E$ (Figura 9). No desdobramento das interações observadas, não houve resposta diferencial entre as diferentes doses de K_2O e lâminas de irrigação, quanto à MSF e a extração dos macronutrientes, aos 120 e 195 DAP (Figuras 4A e B, 5 e 6). As médias de extração nessas épocas de amostragem foram: 6,83 e 9,77 kg ha⁻¹ de N; 9,94 e 11,10 kg ha⁻¹ de K (11,97 e 13,37 kg ha⁻¹ de K_2O); 6,31 e 7,09 kg ha⁻¹ de Ca; e 2,25 e 2,81 kg ha⁻¹ de Mg (Figuras 5 e 6) e a extração de P foi 1,18 e 1,43 kg ha⁻¹ (2,70 e 3,28 kg ha⁻¹ de P_2O_5) (Figura 9), respectivamente. A ordem de extração para essas épocas foi: $K > N > Ca > Mg > P$ e as relações N:P:K:Ca:Mg foram: 1,00:0,17:1,46:0,92:0,33 e 1,00:0,15:1,14:0,73:0,29 aos 120 e 195 DAP, respectivamente. Informações sobre a extração foliar de macronutrientes pelo abacaxizeiro em estágio inicial de desenvolvimento são escassas, porém, alguns autores concordam que os requisitos nutricionais são baixos até os 4-5 meses (MARLÉZIEUX; BARTHOLOMEW, 2003; ALMEIDA; SOUZA, 2011).

Figura 5. Extração foliar dos nutrientes N, K, Ca e Mg (A, B, C e D) pela cultura do abacaxizeiro ‘Vitória’, aos 120 dias após o plantio, cultivado sob doses de K₂O (0, 10, 20 e 30 g planta⁻¹) e lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5), em ambiente de savana. Boa Vista-RR, 2012. ^{ns} não significativo pelo teste F (p>0,05).

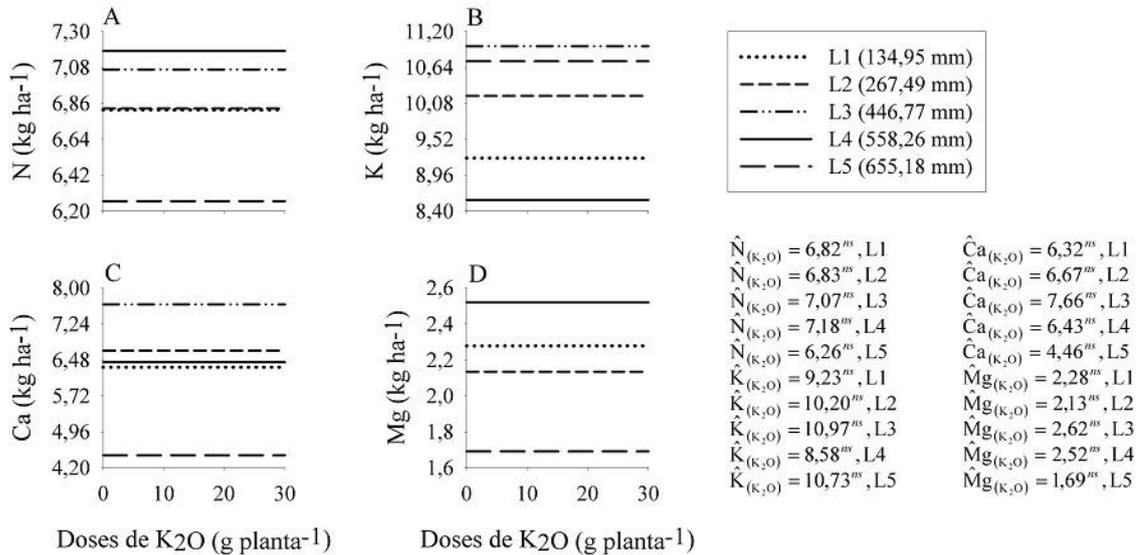


Figura 6. Extração foliar dos nutrientes N, K, Ca e Mg (A, B, C e D) pela cultura do abacaxizeiro ‘Vitória’, aos 195 dias após o plantio, cultivado sob doses de K₂O (0, 10, 20 e 30 g planta⁻¹) e lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5), em ambiente de savana. Boa Vista-RR, 2012. ^{ns} não significativo pelo teste F (p>0,05).

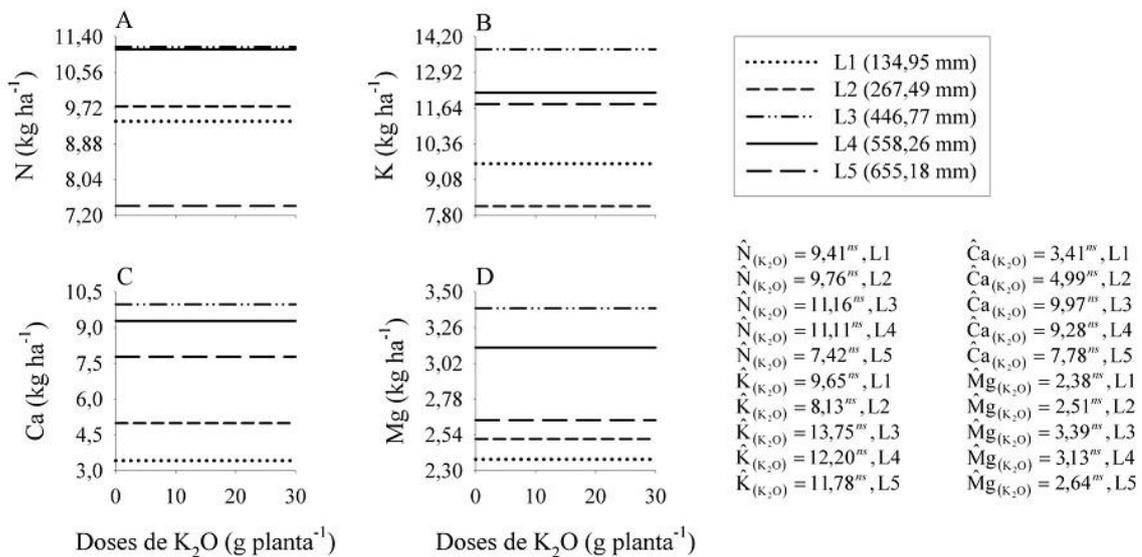


Figura 7. Extração foliar dos nutrientes N, K, Ca e Mg (A, B, C e D) pela cultura do abacaxizeiro ‘Vitória’, aos 270 dias após o plantio, cultivado sob doses de K_2O (0, 10, 20 e 30 $g\ plant^{-1}$) e lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5), em ambiente de savana. Boa Vista – RR, 2012. ***, **, * e ns significativo a 0,1, 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

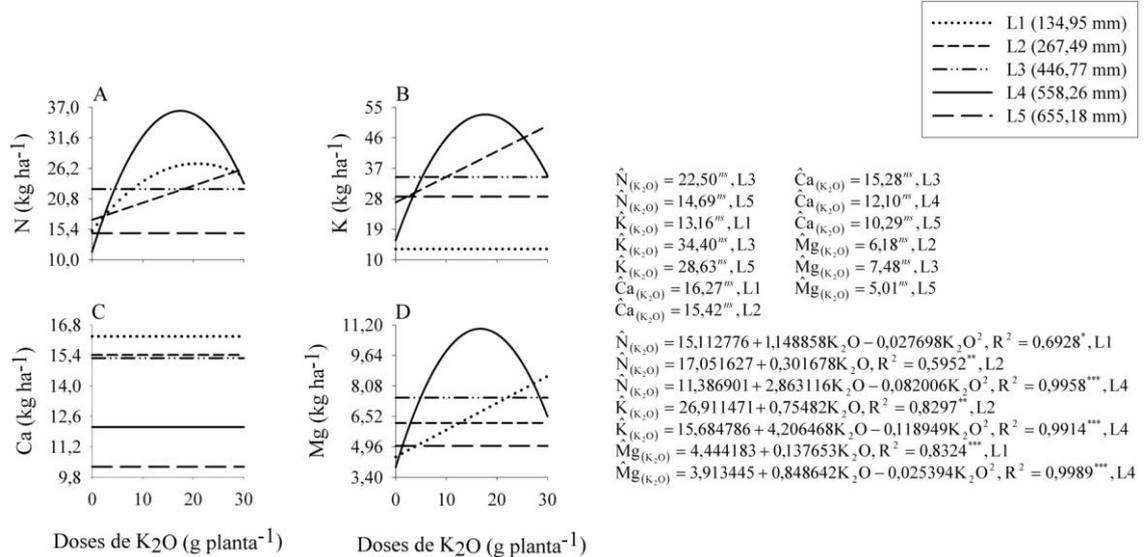


Figura 8. Extração foliar dos nutrientes N, K, Ca e Mg (A, B, C e D) pela cultura do abacaxizeiro ‘Vitória’, aos 345 dias após o plantio, cultivado sob doses de K_2O (0, 10, 20 e 30 $g\ plant^{-1}$) e lâminas de lâmina de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5), em ambiente de savana. Boa Vista – RR, 2012. ***, ** e ns significativo a 0,1 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

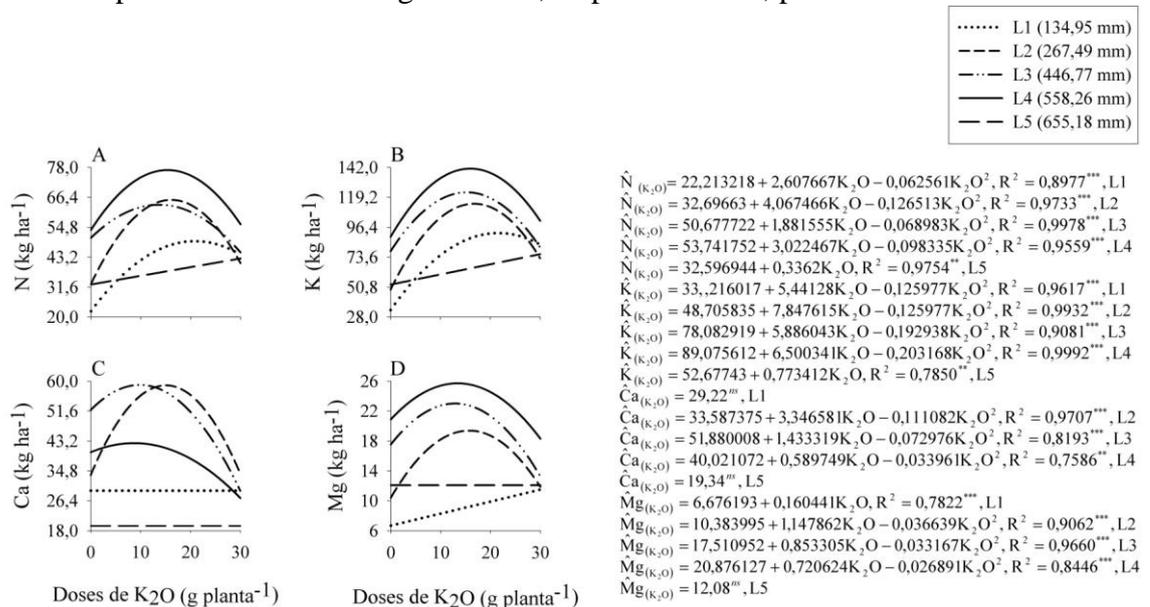
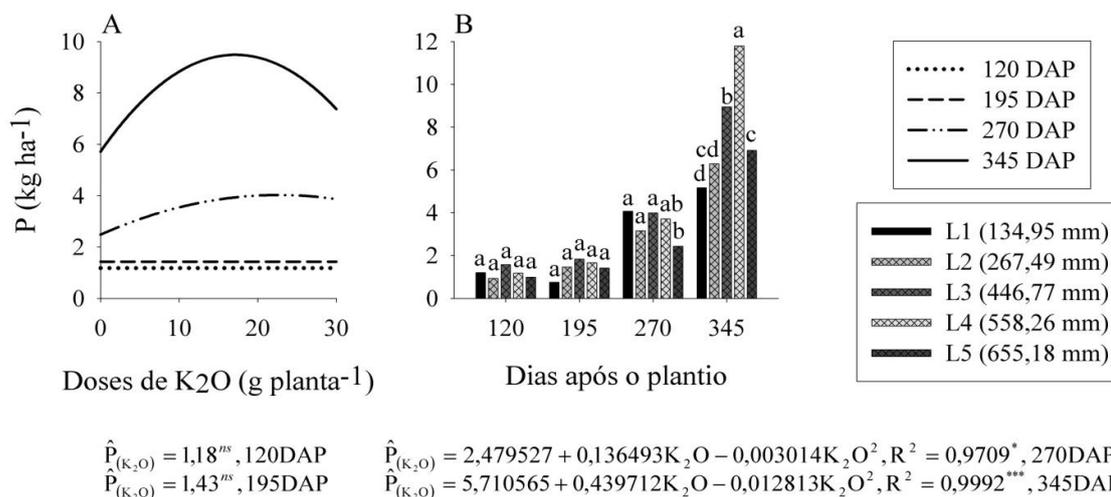


Figura 9. Extração foliar de P pela cultura do abacaxizeiro ‘Vitória’ em função da época de amostragem, cultivado sob doses de K_2O (A) e lâminas de irrigação (L1, L2, L3, L4 e L5) (B), em ambiente de savana. Boa Vista – RR, 2012. Nas equações (A): ***, * e ns significativo a 0,1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F. Nas barras (B): mesmas letras minúsculas sobre as barras, dentro de cada época, significam que as médias representadas pelas barras não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), quanto aos níveis de irrigação testados.



Aos 270 DAP, a MSF apresentou resposta diferencial à adubação potássica, dentro de cada nível de irrigação adotado. A maior eficiência do adubo foi verificada em L4, seguido de L3, L2 e L1, sendo a menor eficiência verificada em L5 (Figura 4C). Na lâmina de irrigação de melhor desempenho (L4), o aumento nas doses de K_2O proporcionou incremento quadrático, com valor máximo estimado em $82,66 \text{ g planta}^{-1}$ de MSF, com a aplicação de $17,29 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O . Nesta lâmina, também houve a maior extração de N, K e Mg. Foram estimados $36,38 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, com a dose de $17,46 \text{ g planta}^{-1}$; $52,87 \text{ kg ha}^{-1}$ de K ($63,68 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O), com $17,68 \text{ g planta}^{-1}$; e $11,00 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg, com $16,71 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O (Figuras 7A, B e D). Com relação à extração foliar de Ca aos 270 DAP ($13,87 \text{ kg ha}^{-1}$), não ocorreu diferença estatística entre as doses e os níveis de irrigação (Figura 7C).

A extração de P respondeu às doses de K_2O de forma independente do nível de irrigação (L) adotado. Quanto às doses de K_2O , aos 270 DAP, houve aumento quadrático na extração foliar de P, com valor máximo estimado em $4,02 \text{ kg ha}^{-1}$ de P ($9,21 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5), para a dose de $22,64 \text{ g planta}^{-1}$ (Figura 9A). Quanto às lâminas de irrigação, aos 270 DAP, os tratamentos L1, L2, L3 e L4 apresentaram extração foliar de P em média de $3,73 \text{ kg ha}^{-1}$ ($8,55 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5), sendo a extração em L5 ($655,18 \text{ mm}$) significativamente inferior aos demais tratamentos (Figura 9B).

Considerando a máxima extração foliar de macronutrientes aos 270 DAP, houve a seguinte ordem de extração: $K > N > Ca > Mg > P$, com relação nutricional N:P:K:Ca:Mg de $1,00:0,25:1,45:0,38:0,30$.

Aos 345 DAP, também foram verificadas respostas diferenciais das doses de K_2O sobre a MSF, dentro de cada nível de irrigação aplicado (Figura 4D). O maior incremento de MSF em resposta a aplicação do adubo foi verificado em L4, seguido de L3 e L2. Os níveis de irrigação L1 e L5 apresentaram os menores incrementos de MSF em relação ao K_2O aplicado. A produção de massa seca foliar em L4 aumentou de forma quadrática, com máxima estimada em $193,70 \text{ g planta}^{-1}$ de MSF, para a dose de $15,70 \text{ g planta}^{-1}$ de K_2O . Nesta lâmina, a máxima

extração de nutrientes foi estimada em 76,97 kg ha⁻¹ de N, com a dose 15,37 g planta⁻¹ de K₂O; 141,09 kg ha⁻¹ de K (169,95 kg ha⁻¹ de K₂O), com 16,00 g planta⁻¹; 42,58 kg ha⁻¹ de Ca, com 8,68 g planta⁻¹; e 25,70 kg ha⁻¹ de Mg, com 13,40 g planta⁻¹ (Figura 8). A extração de P respondeu as doses de K₂O e aos níveis de irrigação, de forma independente, sendo 9,48 e 11,80 kg ha⁻¹ (21,72 e 27,04 kg ha⁻¹ de P₂O₅) para dose de 17,16 g planta⁻¹ e para o nível de irrigação L4, respectivamente (Figura 9). Considerando a dose de K₂O de máxima produção de MSF (15,70 g planta⁻¹), os valores nutricionais pouco diferem daqueles obtidos com a dose de máxima extração foliar. Dessa forma, a ordem de extração, aos 345 DAP, foi K>N>Ca>Mg>P, com relação N:P:K:Ca:Mg de 1,00:0,12:1,83:0,55:0,33. Esta ordem de extração dos macronutrientes está de acordo com a apresentada por Souza e Reinhardt (2007); mas, a relação N:P:K apresentou valores inferiores para o K.

A literatura é ampla em informações sobre a extração de nutrientes pelo abacaxizeiro, com valores variando de 60 a 355 kg ha⁻¹ de N; 8 a 53 kg ha⁻¹ de P; 151 a 1.257 kg ha⁻¹ de K; 81 a 252 kg ha⁻¹ de Ca; e 33 a 157 kg ha⁻¹ de Mg (SOUZA; REINHARDT, 2007). Entretanto, estes valores variam com a densidade de plantas, nível de adubação adotado, irrigação, idade da planta e a cultivar utilizada. Mais recentemente, Feitosa et al. (2011), publicaram a extração de micronutrientes pelo abacaxizeiro 'Vitória', em diferentes épocas de amostragem. Entretanto, informações referentes à extração foliar de macronutrientes para esta cultivar, ainda não foram constatadas na literatura.

6 CONCLUSÕES

Os teores foliares de K, P e a relação K:N não foram afetados pelas doses de K₂O aplicadas no solo, mas foram dependentes da lâmina de irrigação adotada, nas condições edafoclimáticas da savana de Roraima.

Nas épocas de maior déficit hídrico, o tratamento que recebeu a menor lâmina de irrigação (134,95 mm) apresentou os menores teores foliares de K. Já, os teores foliares de P independentemente da época de amostragem, mas também foram inferiores nas menores lâminas de irrigação.

Os teores foliares de N, Ca, Mg e as relações nutricionais K:Ca e K:Mg foram influenciadas pelo incremento das doses de K₂O no solo e níveis de irrigação adotados, respondendo de forma diferencial nas diferentes épocas de amostragem.

O cultivo do abacaxizeiro 'Vitória' apresentou baixa extração inicial de nutrientes e elevada extração no momento da indução ao florescimento.

Nas condições de savana de Roraima, sob regime de irrigação por aspersão convencional, recomenda-se a elevação da umidade do solo à capacidade de campo e adubação potássica com 16 g planta⁻¹ de K₂O.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Processo 575587/2008-3), a SUFRAMA e ao Banco Santander, pelo financiamento da pesquisa, e a CAPES pelas bolsas de estudo.

8 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S. Irrigação e fertirrigação na cultura do abacaxi. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011, cap. 11, p. 339-368.

ALMEIDA, O. A.; SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H.; CALDAS, R. C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de tabuleiro costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2002.

ARAÚJO, W. F.; CONCEIÇÃO, M. A. F.; VENÂNCIO, J. B. Evapotranspiração de referência diária em Boa Vista (RR) com base na temperatura do ar. **Irriga**, Botucatu, v.1, n. 1, p. 155-169, 2012.

ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.

AZEVEDO, P. V.; SOUZA, C. B.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment, Brazil. **Agricultural Water Management**, v. 88, n. 1-3, p. 201-208, 2007.

BENEDETTI, U. G.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MELO, V. F.; UCHÔA, S. C. P. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 299-312, 2011.

CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. O uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da ureia. In: SIMPOSIO SOBRE INFORMAÇÕES RECENTES PARA OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 1, 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2007, p. 2-19.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.

COSTA, S. N.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; RAMOS, V. B. N. Mobilidade de nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 190-194, 1999.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 551-594.

FEITOSA, H. O.; AMORIM, A. V.; LACERDA, C. F.; SILVA, F. B. Crescimento e extração de micronutrientes em abacaxizeiro 'Vitória'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 706-712, 2011.

GUARÇONI, M. A.; VENTURA, J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi 'Gold' (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1.367-1.376, 2011.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MALEZIÉUX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant nutrition. In: BARTHOLOMEW, D.P.; PAULL, R.E.; ROHRBACH, K.G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. Honolulu: CAB, 2003. p. 143-165.

MATOS, A. P.; REINHARDT, D. H. Pineapple in Brazil: characteristics, research and perspectives. **Acta Horticulturae**, v. 822, p. 25–35, 2009.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (suplemento), p. 292-295, 2005.

NEVES, R. A. D.; MORAIS, R. F. Sistema agroflorestal em savana parque arbórea no município de Amajari-RR. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 10, n. 3, p., 2015.

OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; FACCIOLI, G. G. **Manejo da irrigação na produção de fruteiras**. Brasília, DF: LK, 2006. 136 p.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M. Importância do fluxo de massas e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 439-445, 2004.

PAULA, M. B.; CARVALHO, V. D.; NOGUEIRA, F. D.; SOUZA, L. F. S. Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9. p. 1.337-1.343, 1991.

PAULA, M. B.; HOLANDA, F. S. R.; MESQUITA, H. A.; CARVALHO, V. D. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1.217-1.222, 1999.

RAMOS, M. J. M.; MONNERAT, P. H.; PINHO, L. G. R.; SILVA, J. A. Deficiência de macronutrientes e de boro em abacaxizeiro 'Imperial': composição mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 261-271, 2011.

- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- RODRIGUES, A. A. **Nutrição mineral, produção, qualidade e análise econômica do abacaxizeiro cv. Pérola em função das relações K/N**. Areia – PB, 167f. Tese (Doutorado em Agronomia), - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.
- SAN JOSÉ, J.; MONTES, R.; NIKONOVA, N. Seasonal patterns of carbon dioxide, water vapour and energy fluxes in pineapple. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 147, n. 1-2, p. 16-34, 2007.
- SOUZA, L. F. S.; REINHARDT, D. H. Pineapple. In: CRISÓTOMO, L.A.; NAUMOV, A. (Ed.). **Fertilizing for high yield and quality tropical fruits of Brazil**. Horgen: International Potash Institute, 2007. p. 179-201. (IPI Bulletin, 18).
- SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 155-159, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; MELLIS, E. V. Potassium fertilization for pineapple: effects on soil chemical properties and plant nutrition. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 627-636, 2011.
- TEIXEIRA, L. A. J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; SIGRIST, J. M. M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 219-224, 2002.
- VELOSO, C. A. C.; OEIRAS, A. H. L.; CARVALHO, E. J. M.; SOUZA, F. R. S. Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em Latossolo Amarelo do nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 396-402, 2001.
- VILELA, L.; SOUSA, D. M. G.; SILVA, J. E. Adubação potássica. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 169-183.