

## ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E ESTADO NUTRICIONAL DE COQUEIRO-ANÃO FERTIGADO COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO<sup>1</sup>

MIGUEL FERREIRA NETO<sup>\*2</sup>, JOSÉ SIMPLÍCIO DE HOLANDA<sup>3</sup>, HANS RAJ GHEYI<sup>4</sup>, MARCUS VINÍCIUS FOLEGATTI<sup>5</sup>, NILDO DA SILVA DIAS<sup>2</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se com este trabalho estudar os efeitos de doses de N e K via fertigação sobre a fertilidade do solo e nutrição do coqueiro-anão verde. O experimento foi conduzido no período de abril de 2002 a março de 2004, em campo experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), em Parnamirim, RN. O delineamento estatístico foi em blocos inteiramente casualizados, com 4 repetições, utilizando para composição dos tratamentos a matriz experimental *Plan Puebla III*, compostos da combinação de dois fatores: doses de N e K (uréia e cloreto de potássio), respectivamente, obtendo-se 10 tratamentos, definindo-se o intervalo para as doses de N (256 a 4874 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e K<sub>2</sub>O (258 a 4872 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) aplicados via fertigação. Os teores dos nutrientes no solo apresentaram grande variação tendendo a diminuir conforme o período. As doses de N diminuíram o pH, os teores de Ca e Mg, entretanto proporcionaram aumento na disponibilidade do P no solo favorecendo maior absorção pela planta. Observou-se um gradiente decrescente de concentração de nutrientes sob fertigação a partir da superfície do solo. Os teores de K na folha 14 foram incrementados com o aumento nas doses de K<sub>2</sub>O via fertigação apresentando alta correlação com o número de frutos. A aplicação de K no solo elevou o teor de Cl e Mg na folha 14 e diminuiu o teor de Na, enquanto a aplicação de N no solo elevou o teor de Mn nas folhas.

**Palavras - chave:** *Cocos nucifera* L. Análise foliar. Adubação mineral. Nutrição de plantas.

## SOIL CHEMICAL PROPERTIES AND NUTRITIONAL STATUS IN 'ANÃO VERDE' COCONUT FERTIGATED WITH NITROGEN AND POTASSIUM

**ABSTRACT** - The objective of this work was to study the effects of N and K<sub>2</sub>O doses applied through fertigation in soil fertility and nutritional status. The experiment was carried out during April, 2002 until March 2004, on Experimental Farm of the Empresa de Pesquisa Agropecuária of the State of Rio Grande do Norte (EMPARN), Brazil. The statistical design was in a completely randomized block with 4 replication, using for composition of treatments *Plan Puebla III* experimental matrix, treatments being composed of combination of two factors: nitrogen and potassium doses in the form of urea and potassium chloride, respectively. In all 10 treatments, defining the interval for N (256 to 4874 g plant<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) and K<sub>2</sub>O (258 to 4872 g plant<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) were applied through fertigation with microsprinkler irrigation system. The contents of nutrients in the soil presented great variation and tended to decrease with time. The doses of N decreased the pH and contents of Ca and Mg although increased the availability of P in soil and favored its absorption by plant. A negative gradient in concentration of nutrients under fertigation was observed from the soil surface. The K content in leaf 14 were increased with increase in doses of K<sub>2</sub>O via fertigation presenting high correlation with number of fruits. The application of K in soil increased the contents of Cl and Mg in leaf 14 and decreased the contents of Na, while the application of N in soil increased the contents of Mn in leaves.

**Keywords:** *Cocos nucifera* L. Plant analysis. Manuring. Plant nutrition.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 25/06/2012; aceito em 24/04/2014.

Trabalho extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor, financiado pelo CNPq

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (Setor Solos), Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, CEP: 59.625-900, Mossoró- RN; miguel@ufersa.edu.br.

<sup>3</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte, Caixa Postal 137, 59625-900, Mossoró- RN; simplicioemparn@m.gov.br.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS), Caixa-postal: 10078, CEP: 44380-000, Cruz das Almas - BA; hans@agriambi.com.br.

<sup>5</sup> Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), Departamento de Eng. de Biosistemas, Av. Pádua Dias, 11, CEP: 13418-900, Piracicaba - SP; mvfolega@usp.br.

## INTRODUÇÃO

A avaliação do estado nutricional de espécies vegetais tem sido amplamente pesquisada, possibilitando intervenções mais precisas em sistemas de produção, por meio de práticas que permitam o suprimento adequado de nutrientes com base na variação quantitativa de elementos nos tecidos vegetais (SILVA et al., 2009).

O coqueiro necessita de grandes quantidades de nutrientes para formação de frutos, raízes e engrossamento do caule; o potássio e o nitrogênio são extraídos do solo em maior quantidade, seguidos do cloro, fósforo, magnésio, enxofre e cálcio (OUVRIER, 1990). O potássio ocupa lugar de destaque, face à deficiência deste nutriente na maioria dos solos do Nordeste e por ser um nutriente com diversos papéis no metabolismo vegetal (MALAVOLTA, 2005). Como nas reações enzimáticas, no metabolismo dos carboidratos e proteínas, na translocação do açúcar e do amido, na relação água-planta, e na divisão celular. É requerido em maior quantidade pelas culturas, sendo o cátion mais abundante nos vegetais, afetando o rendimento e a qualidade dos produtos colhidos.

Para uma produção de 130 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, Ouvrier (1990) relatou dados de exportação de 57,05 kg ha<sup>-1</sup> de N e 110,39 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para que em áreas irrigadas possam ser colhidos 250 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estima-se que, nessas condições, a remoção de N e K<sub>2</sub>O poderia atingir 110 e 212 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse aspecto pode comprometer a sustentabilidade dos coqueirais pela remoção de nutrientes e consequente esgotamento das reservas no solo.

Dentre as tecnologias aplicadas no setor produtivo para aumentar o rendimento das culturas, destacam-se a fertigação (OLIVEIRA et al., 2008). A aplicação de fertilizantes com maior frequência e em menores quantidades, a localização dos nutrientes no solo pode reduzir as perdas, melhorando, a eficiência de absorção de nitrogênio, principalmente em solos de textura arenosa que facilitam a sua lixiviação.

Geralmente, as quantidades aplicadas de fertilizantes não atendem às necessidades nutricionais da planta (SOUSA et al., 2010); razão pela qual diversos pesquisadores dedicam-se em estudar a nutrição mineral de várias culturas sob fertigação, principalmente devido às inúmeras vantagens do uso desta técnica como, por exemplo, o parcelamento da aplicação dos nutrientes de acordo com a marcha de absorção da cultura nos seus diferentes estádios (SILVA JUNIOR, 2010; SILVA et al., 2009; FERREIRA NETO et al., 2007; ELOI et al., 2007; AZEVEDO et al., 2006).

O estado nutricional das plantas depende da disponibilidade de nutrientes e suas interações; no coqueiro influi no seu desenvolvimento vegetativo e, consequentemente, no número de frutos e na qualidade da água de coco, sendo o equilíbrio nutricional

essencial para se obter uma produtividade rentável (FERREIRA NETO et al., 2011). Considerando que o teor de nutrientes no tecido foliar do coqueiro pode variar com o porte da planta (gigante ou híbridos), clima e fertilidade do solo; objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos de doses de N e K<sub>2</sub>O via fertigação sob os atributos químicos do solo e o estado nutricional do coqueiro Anão Verde.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado, no período de abril de 2002 a março de 2004, no Campo Experimental do Jiqui, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizado no município de Parnamirim, RN (5° 46' de Latitude Sul e 35° 12' de Longitude Oeste e altitude de 18 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As', ou seja, tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa se adiantando para o outono, temperatura média anual de 28 °C e precipitação média anual variando de 1500 a 1800 mm.

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, utilizando para composição dos tratamentos a matriz experimental *Plan Puebla III* modificada (2<sup>k</sup> + 2 x k + 1 + 1), sendo compostos da combinação de dois fatores (K): doses de nitrogênio e potássio via fertigação, nas formas de uréia e cloreto de potássio, respectivamente, obtendo-se 10 tratamentos (Tabela 1). A matriz utilizada visa identificar os tratamentos de maior representatividade dentre a combinação dos fatores. Deste modo, tende a reduzir o número de tratamentos, possibilitando maior economia e objetividade para o ensaio experimental.

O pomar foi implantado em um espaçamento triangular de 7,5 m em solo de Tabuleiros Costeiros classificado como Neossolo Quartzarênico. Foram coletadas amostras do solo na camada de 0-20 cm para análise química: pH 5,9; Ca, Mg e Al trocáveis respectivamente de 0,67; 0,14 e 0,04 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, matéria orgânica de 12,8 g kg<sup>-1</sup> e P, K e Na, respectivamente, de 16, 15 e 13 mg kg<sup>-1</sup>. A área experimental foi composta de 200 plantas distribuídas em aproximadamente 1,6 ha com parcelas formadas por 10 plantas, constituída de 5 plantas úteis e uma bordadura externa circundando o experimento. Foi incorporado ao solo da área experimental 2,0 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e 200 kg ha<sup>-1</sup> de gesso aplicados no início do plantio e, posteriormente a cada 6 meses, realizou-se adubações incorporando-se ao solo, na área de atuação das raízes, 60 L de esterco de curral, 2 kg de FOSMAG-464<sup>®</sup> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 18,0, Ca = 14,0, Mg = 3,5, Zn = 0,65, B = 0,15 e Cu = 0,18%), além de 300 g planta<sup>-1</sup> de "FTE BR-12" (Zn = 9,0; B = 1,8; Cu = 0,8; Mn = 2,0; Fe = 3,0 e Mo = 0,10%).

Utilizou-se, na fertigação, microaspersores autocompensantes com vazão nominal de 53 L h<sup>-1</sup>,

operando à pressão de 150 kPa, proporcionando um raio molhado de 3,0 m; cada planta dispunha de um emissor, perfazendo o total de 10 microaspersores

por linha lateral, montados ao longo das linhas de plantio, a 50 cm de distância, em posição paralela ao estipe.

**Tabela 1.** Relação de tratamentos e respectivas doses de nitrogênio e potássio, aplicadas por ano na fertigação.

Tratamento	Níveis*		Doses			
	A	B	N	K <sub>2</sub> O	Uréia	KCl
	----- g planta <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> -----					
1	-0,4	-0,4	1540	1539	3420	2565
2	-0,4	0,4	1540	3591	3420	5985
3	0,4	-0,4	3591	1539	7980	2565
4	0,4	0,4	3591	3591	7980	5985
5	-0,9	-0,4	256	1539	570	2565
6	0,9	0,4	4874	3591	10830	5985
7	-0,4	-0,9	1540	258	3420	430
8	0,4	0,9	3591	4872	7890	8120
9	0,0	0,0	2565	2565	5700	4275
10	-0,9	-0,9	256	258	570	430

\* Proporções de alteração nas doses de N e K<sub>2</sub>O referente ao Tratamento 9 (adubação recomendação para o coqueiro nesta idade fenológica). Os demais Tratamentos sofrem variações percentuais (para mais e para menos), a partir desse, resultando nas dosagens apresentadas na Tabela 1.

A avaliação do estado nutricional do coqueiro foi feita na folha 14, tida como a folha que melhor representa o estado nutricional do coqueiro adulto (SOBRAL, 1998). Durante o experimento foram realizadas duas coletas de folha, em duas plantas por parcela; a primeira, um ano após o início da aplicação das doses de N e K, em junho de 2003 (período chuvoso) e a segunda seis meses após, em dezembro de 2003 (período seco).

As amostras foram lavadas em água destilada e colocadas em estufa para secagem a 60 ± 5 °C, até peso constante, sendo posteriormente moídas em moinhos tipo Willey, com facas e câmara de aço inoxidável e com peneira de 0,5 mm de diâmetro (20-40mesh). Foram determinados Ca, Mg, K, P, S, Zn, Cu, Fe e Mn em extrato nitro-perclórico; N em extrato sulfúrico; e B em extrato de ácido clorídrico, após a calcinação, de acordo com metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Foram coletadas amostras de solo em todas as repetições por tratamento, em junho e dezembro de 2003, na área de influência do microaspersor, a 1 m de distância do tronco nas camadas 0-5, 0-20 e 20-40 cm. As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Água, Solo e Planta da EMPARN, seguindo a metodologia descrita em Embrapa (1997).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento dos modelos lineares generalizados do SAS. Os efeitos dos diferentes níveis de N e K<sub>2</sub>O sobre as variáveis medidas na planta e no solo foram avaliados por superfície de resposta e pelos métodos convencionais da análise de variância (teste F), aplicando-se o teste de regressão polinomial de segunda ordem para os casos em que ocorreu efeito significativo.

As comparações entre os nutrientes disponíveis no solo em diferentes profundidades foram realizadas pelo teste t para dados pareados. Os valores medidos foram submetidos ao teste de regressão linear. Além disso, foi estudada correlação entre as concentrações de K na folha e o número de frutos produzidos sob diferentes doses de K<sub>2</sub>O aplicadas para o 6° e 7° ano de cultivo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de Ca, Mg, P e K foram maiores na camada de 0-5 cm e menores na de 20-40 cm do perfil do solo para as duas épocas de amostragem e dosagens de fertigação estudadas (Tabela 2). Os teores de K no solo aumentaram com o acréscimo das doses de KCl na fertigação com maior concentra-

ção na camada superficial do solo, indicando pouca mobilidade ou absorção do íon. Para o solo em estudo, que apresenta baixa CTC efetiva e elevadas per-

das por lixiviação, a fertigação é vantajosa, aumentando a eficiência no manejo desse nutriente.

**Tabela 2.** Médias dos teores de Ca, Mg, P e K no solo nas camadas de 0-5, 0-20 e 20-40 cm para os diferentes tratamentos nos períodos de coletas.

Nutriente	Camada cm	Tratamento*										
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	
Junho de 2003												
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Ca	0-5	1,02 a	1,02 a	0,71 a	0,77 a	2,09a	0,38 a	0,74 a	0,72 <sup>a</sup>	0,73ab	3,11 a
		0-20	0,24 b	0,41 b	0,33 ab	0,43ab	1,41 b	0,21 a	0,58ab	0,30 <sup>a</sup>	1,24 a	1,03 b
		20-40	0,31 b	0,26 b	0,04 b	0,08 b	0,45 c	0,11 a	0,21 b	0,24 <sup>a</sup>	0,38 b	0,38 c
	Mg	0-5	0,31 a	0,22 a	0,18 a	0,31 a	0,56 a	0,10 a	0,25 a	0,26 <sup>a</sup>	0,22 b	0,69 a
		0-20	0,14 ab	0,06 a	0,11 a	0,13ab	0,43 a	0,03 a	0,14ab	0,05b	0,64 a	0,19 b
		20-40	0,04 b	0,03 a	0,05 a	0,07 b	0,11 b	0,03 a	0,04 b	0,02 b	0,19 b	0,12 b
mg kg <sup>-1</sup>	P	0-5	66,00 a	75,25 a	71,50 a	45,33a	40,83ab	69,00a	63,33a	96,00 a	86,00a	113,25a
		0-20	45,50ab	35,25 b	71,00 a	28,75ab	63,75 a	49,92a	65,00a	40,00 b	99,33a	30,00b
		20-40	26,00 b	6,00 b	28,00 b	10,33 b	22,00 b	23,08a	16,75b	7,00 c	31,50b	16,00b
	K	0-5	23,75 a	45,75 a	40,00 a	39,83 a	31,00 a	39,25a	15,00a	37,25 a	35,25a	25,50 a
		0-20	14,75 a	28,75 b	20,25 b	24,67 b	28,50 a	36,00a	13,00a	20,33 b	26,00a	24,50 a
		20-40	13,25 a	24,00 b	11,50 b	15,00 b	23,50 a	18,00b	11,00a	16,50 b	24,00a	15,75 a
Dezembro de 2003												
cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Ca	0-5	1,01 a	1,69 a	2,29 a	0,52 a	2,04 a	0,31 a	0,98 a	0,70 a	0,76 a	1,25 a
		0-20	0,51 ab	0,18 b	0,66 b	0,11 a	0,82 b	0,12 a	0,17 b	0,20 a	0,12 a	0,46 ab
		20-40	0,13 b	0,03 b	0,06 b	0,03 a	0,19 b	0,03 a	0,03 b	0,03 a	0,07 a	0,06 b
	Mg	0-5	0,28 a	0,42 a	0,42 a	0,21 a	0,53 a	0,12 a	0,29 a	0,20 a	0,27 a	0,33 a
		0-20	0,14 ab	0,06 b	0,17 b	0,05 b	0,25 b	0,03 a	0,06 b	0,05 ab	0,05 b	0,15 b
		20-40	0,09 b	0,02 b	0,03 b	0,01 b	0,08 c	0,02 a	0,02 b	0,02 b	0,03 b	0,03 b
P	0-5	101,88a	104,38a	213,75a	63,13 a	110,00a	69,38a	56,88a	41,25 a	54,38a	49,38 a	
	0-20	28,75ab	31,88ab	37,00 b	20,00 a	37,50ab	33,25a	33,88a	35,25 a	24,38a	28,75 a	
	20-40	3,88 b	5,00 b	5,13 b	4,50 b	3,38 b	4,38 a	2,50 a	5,63 a	3,13 a	3,75 a	
K	0-5	26,72 a	60,29 a	31,37 a	37,01 a	35,54 a	46,08a	19,61a	36,76 a	38,24a	20,34 a	
	0-20	15,93 a	36,03 b	18,38ab	28,68ab	14,71 b	21,32b	9,07ab	26,33ab	17,89b	12,81ab	
	20-40	14,78 a	23,04 b	10,84 b	23,65 b	6,62 b	11,52b	5,64 b	17,06 b	11,76b	5,88 b	

\*Médias para cada elemento seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T<sub>1</sub> = (1540 g de N e 1539 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>2</sub> = (1540 g de N e 3591 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>3</sub> = (3591 g de N e 1539 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>4</sub> = (3591 g de N e 3591 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>5</sub> = (256 g de N e 1539 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>6</sub> = (4874 g de N e 3591 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>7</sub> = (1540 g de N e 258 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>8</sub> = (3591 g de N e 4872 g de K<sub>2</sub>O); T<sub>9</sub> = (2565 g de N e 2565 g de K<sub>2</sub>O) e T<sub>10</sub> = (256 g de N e 258 g de K<sub>2</sub>O).

A camada de 0-5 cm representa uma porção pequena do volume de raízes do coqueiro; além disso, os resultados apresentam alto índice de dispersão. Os teores encontrados na camada de 0-20 cm são os que mais se aproximam daqueles encontrados na camada 0-5 cm, demonstrando a influência, embora pequena, da homogeneização da camada superficial (0-5 cm), com teores mais baixos deste nutriente nas camadas mais profundas (0-20 cm). Nesse contexto, o K<sub>2</sub>O aplicado via fertigação, assume maior mobilidade no solo dentre os demais nutrientes, exceto o N, tornando o efeito da diluição dos teores mais acentuado na amostragem. Isto favorece a absorção do K pela planta, considerando uma melhor exploração do solo pelo sistema radicular em diferentes camadas.

Ainda em relação à Tabela 2, as diferenças entre os teores de K no solo, no período de estiagem, tendem a serem menores quando se eleva as doses de K<sub>2</sub>O na fertigação; contrariamente ao que ocorre no período chuvoso. Esta constatação se deve à maior lixiviação do nutriente no perfil do solo com a alta precipitação, sendo logo repostado pela fertigação nas camadas superficiais, o que não ocorre com intensidade nas camadas mais profundas. Pelo exposto, a

camada de 0-20 cm representa melhor a interação entre a extração e a reposição de fertilizante nas condições de estudo.

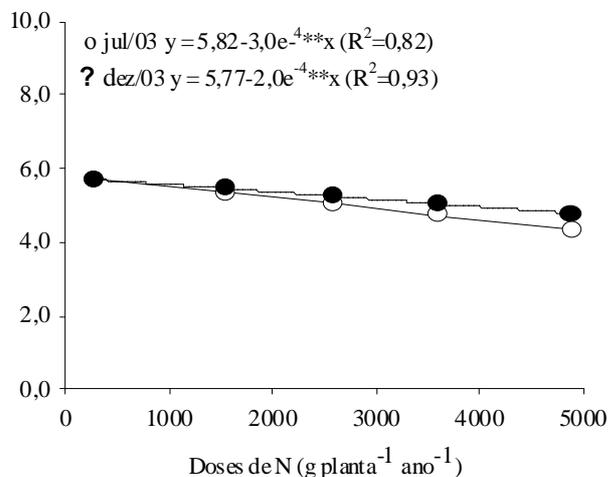
Analisando apenas as médias dos nutrientes na camada de 0-20 cm (Tabela 2), verifica-se que as concentrações de Ca, Mg, P e K não apresentaram diferenças significativas em relação as doses de N e K<sub>2</sub>O aplicadas em fertigação.

Com base no item anterior discutir-se-á os resultados encontrados na análise química da camada de 0-20 cm para o 7º ano de cultivo nos períodos junho e dezembro de 2003. A composição química do solo foi influenciada significativamente pelos níveis de N aplicados, enquanto as doses de K tiveram sua influência diminuída, exceto para K e Na, ao longo do período de cultivo.

A aplicação excessiva do N na fertigação aumentou a acidez do solo, sendo observado uma maior correlação no período chuvoso (Figura 1), com decréscimo de 5,5% no pH a cada incremento por kg de N. A partir de 1540 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, o pH do solo tende a estabilizar-se em torno de 5,0; provavelmente, devido o acúmulo e a manutenção dos teores de N no solo durante o período de estudo. Porém, a

redução do pH pode estar, em grande parte, relacionada ao efeito da localização do sistema radicular,

devido à absorção de nutrientes pelas raízes aumentar a atividade dos íons  $H^+$ .



**Figura 1.** Comportamento do pH no solo em função das doses de N aplicadas na fertigação para os dois períodos de coleta.

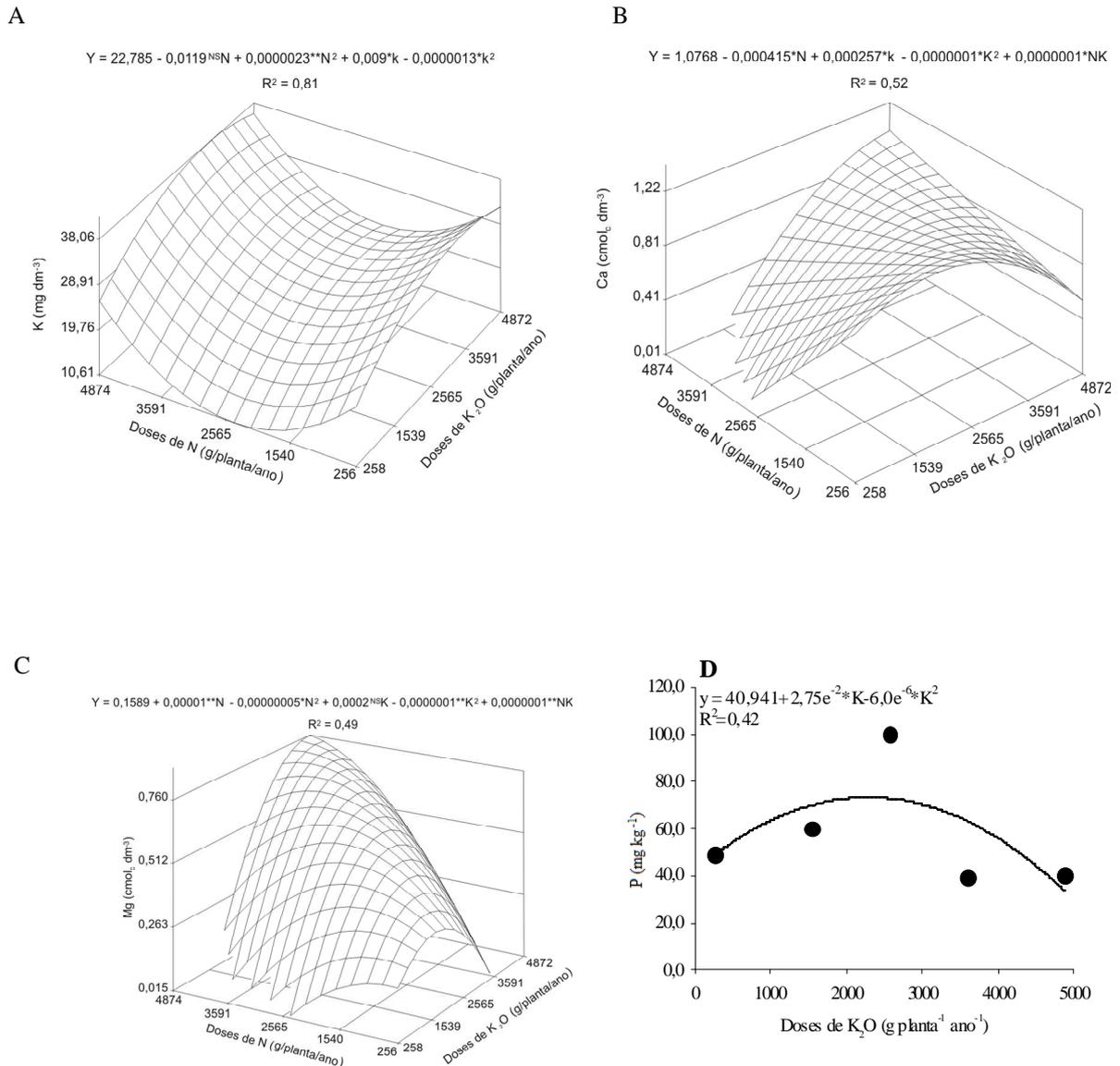
Observaram-se maiores concentrações de Ca, Mg e P no solo no período chuvoso (Figura 2), o K se estabilizou para as coletas realizadas. As concentrações de K foram proporcionais às doses aplicadas na fertigação, embora tenha havido interação das doses de N e  $K_2O$  para potássio no solo (Figura 2A). O ajuste dos dados às superfícies de resposta não foram satisfatórias para Ca (Figura 2B) e Mg (Figura 2C), o que está relacionado provavelmente com a amostragem em pontos no solo de alta concentração desses nutrientes. Contudo, expõe principalmente o efeito das doses crescentes de N ocasionando uma redução dos teores de Ca e Mg. O P (Figura 2D) sofreu efeito decrescente das doses de  $K_2O$  a partir de 2565 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> não evidenciando efeito do N isolado desse fator.

Ao longo do estudo, o K apresentou tendência à estabilização na concentração dos teores no solo (Figura 3A). A concentração ótima de K na solução do solo varia entre 10 e 60 mg L<sup>-1</sup>, dependendo da cultura, estrutura e fertilidade do solo e do seu suprimento hídrico. As concentrações observadas estiveram sempre próximas, dentro ou abaixo

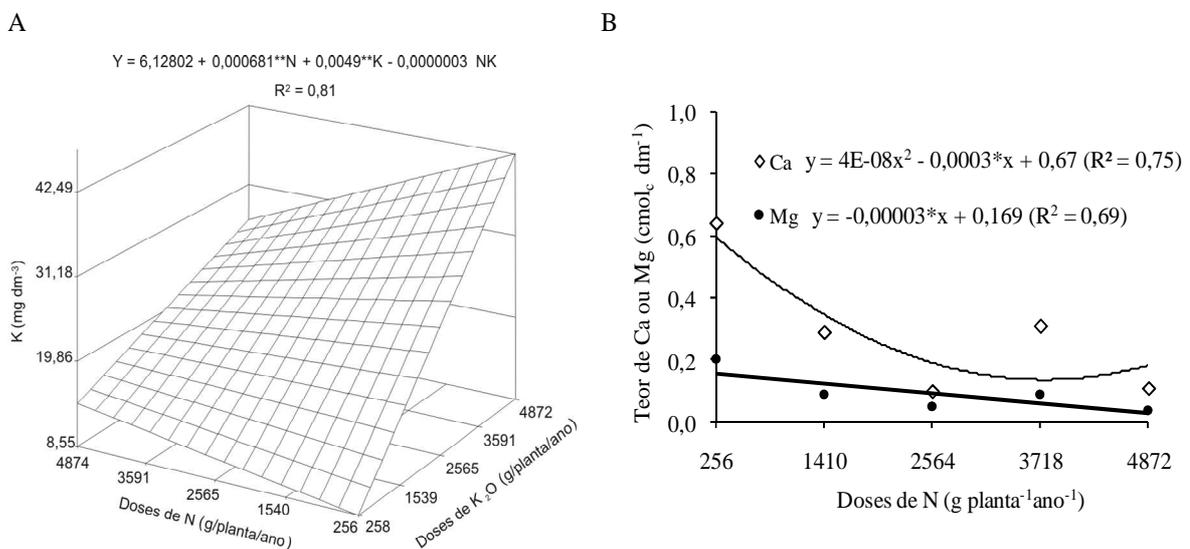
deste limite, podendo-se afirmar que a concentração de K foi suficiente durante todo o período de cultivo, em doses acima de 1539 g  $K_2O$  planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Na avaliação no 7º ano de cultivo, as doses de  $K_2O$  favoreceram ao aumento dos teores de N na folha 14 do coqueiro; contudo, esse aumento não se mostrou expressivo tanto na diferenciação entre as doses quanto entre as épocas avaliadas (Figura 4), porém com maior eficiência desse nutriente pela planta em junho, provavelmente devida às condições favoráveis do período.

A ausência de resposta às doses de N pode ter ocorrido em relação à competição entre ânions ( $Cl^-$  e  $NO_3^-$ ) pelos sítios de absorção e de transporte na planta. Altas concentrações de  $Cl^-$  prejudicam a absorção de nutrientes, como N, devido à inibição competitiva entre  $Cl^-$  e  $NO_3^-$ . O nitrato é acumulado nos vacúolos de células radiculares, ou transportado pelo caule até as folhas, até passar a atuar este mecanismo, que controla a taxa de absorção. O controle pode ser feito pelo N reduzido ou na forma nítrica (FERNANDES, 2006).



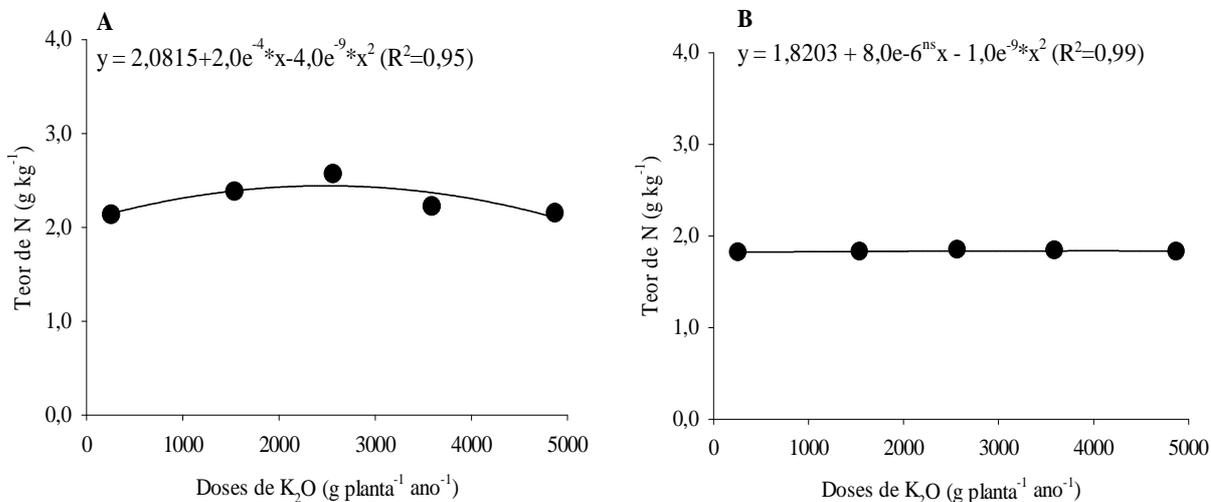
**Figura 2.** Teores de K (A), Ca (B), Mg (C) e P (D) no solo cultivado com coqueiro em função das doses de N e K<sub>2</sub>O apli-



**Figura 3.** Teores de K (A), Ca e Mg (B) no solo cultivado com coqueiro em função das doses de N e K<sub>2</sub>O aplicadas via fertiçação em período seco (dezembro de 2003).

Houve uma tendência de aumento do P na folha 14 para os períodos de coletas (Figuras 5A e

B) com o aumento do N fornecido em fertigação.

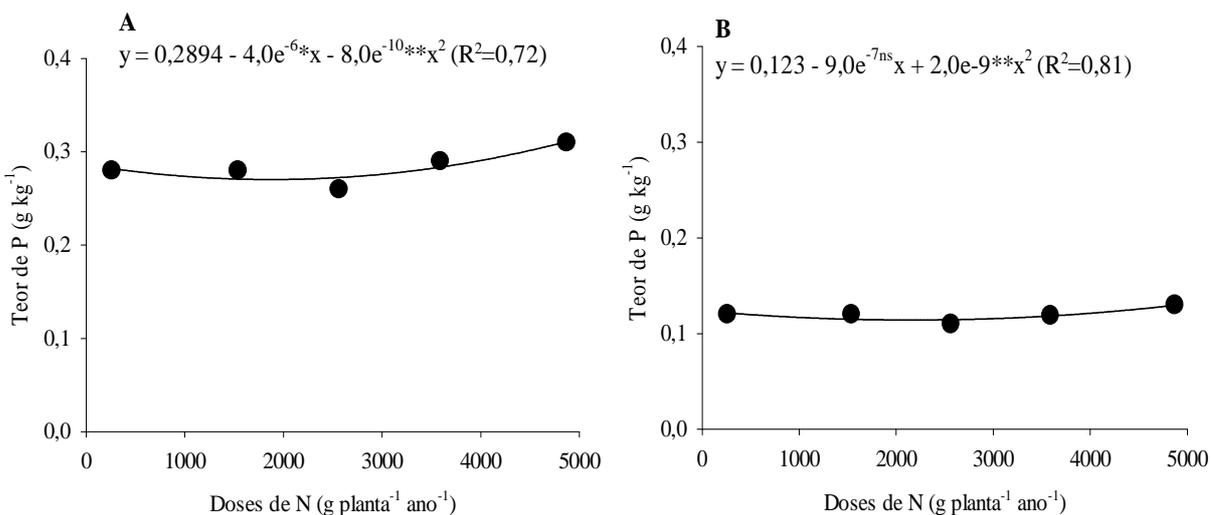


**Figura 4.** Teores de N em folha 14 de coqueiro para 7º ano de produção em época chuvosa (A) e seca (B) em função das doses de N aplicadas via fertigação.

As condições ambientais influenciaram a eficiência de absorção de N pela planta em junho de 2003. As concentrações de P, já nas menores doses de N, são suficientes à nutrição do coqueiro para os dois anos de cultivo com base no nível crítico de 0,12 % (KANAPATHY, 1971). Esse favorecimento da absorção de P pelo N aplicado é caracterizado como um sinergismo entre estes nutrientes. Constatase que a exigência do coqueiro em P é pequena; mas o P é importante porque entra na regeneração do

ácido trifosfórico, abundante nos órgãos jovens e, também, participa das reações ligadas ao transporte de energia.

A grande exigência do coqueiro por K pode ser constatada nas superfícies de resposta (Figura 6), observando-se que a nutrição potássica expressa comportamentos lineares à medida que aumenta as doses de K na fertigação e que o aumento das doses de N provoca uma depleção na concentração de K na folha 14 do coqueiro.



**Figura 5.** Teores de P em folha 14 de coqueiro para 7º ano de produção em época chuvosa (A) e seca (B) em função das doses de N aplicadas via fertigação.

Houve uma diferença nas concentrações de K na folha 14 do coqueiro em relação às doses aplicadas de N e K<sub>2</sub>O para os dois períodos. Condições climáticas mais favoráveis à cultura influenciaram numa maior eficiência de absorção de K pela planta em junho de 2003 (Figura 6 A e B). As doses de K<sub>2</sub>O

acima de 2565 g planta<sup>-1</sup> possibilitam uma concentração satisfatória (acima de 8,0 g kg<sup>-1</sup>) de K na planta com base nos níveis críticos (SOBRAL, 2008).

Apenas no 6º ano, houve correlação entre o crescimento no aporte de K na folha 14 e o aumento na produção de frutos (Figura 7A); indicando que a

maioria do K assimilado foi carreada para os frutos, já que a água de coco concentra boa parte do K exigido pela planta (FERREIRA NETO et al., 2002). Provavelmente devido a isto, as doses de K<sub>2</sub>O aumentaram o conteúdo deste na planta, já que a absorção do nutriente é regulada pela concentração interna na planta. No 7º ano, esse comportamento não foi verificado.

No 6º ano, a dose de K<sub>2</sub>O de maior rentabilidade correspondeu a 2786 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> com 229

frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os teores de K na folha 14 no 6º ano ajustaram-se quadraticamente estimando-se um valor de 14,8 g kg<sup>-1</sup> de K na matéria seca da folha 14 para a dose de K<sub>2</sub>O de maior rendimento por planta. No 7º ano para todas as doses de K<sub>2</sub>O, a produção de coco situou-se acima de 200 frutos planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, não se obtendo ajuste aceitável; e o teor de K na folha 14 seguiu um modelo de regressão linear com média de 12,75 g kg<sup>-1</sup> de K na massa seca (Figura 7B).

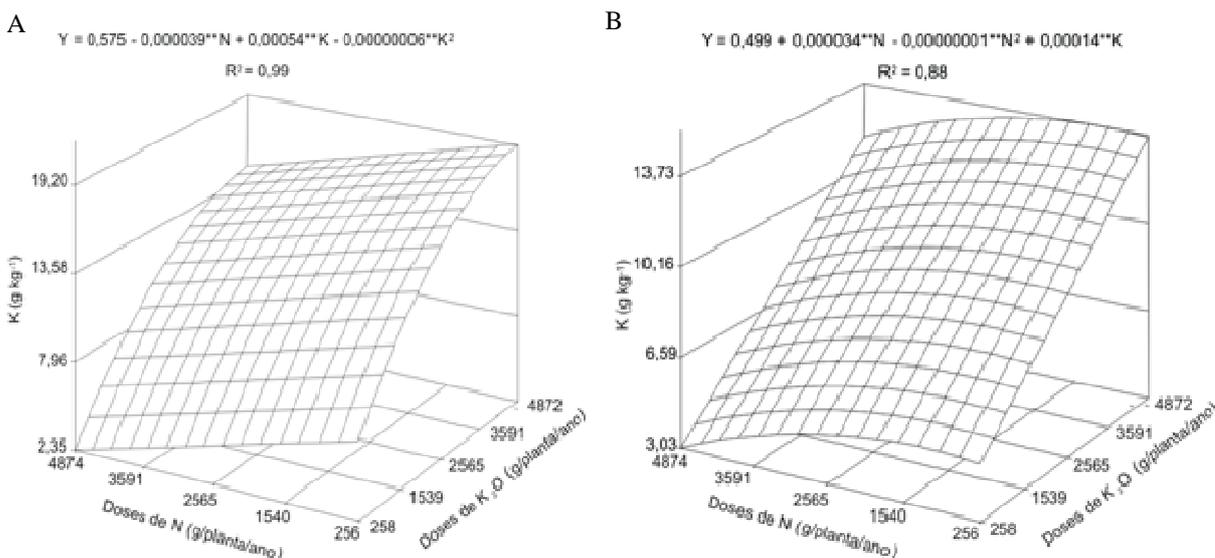


Figura 6. Superfície de resposta do teor de K em folha 14 do coqueiro no 7º ano de cultivo em época chuvosa (A) e seco (B) em função das doses de N e K<sub>2</sub>O aplicadas via fertigação.

Os teores de Mg variaram em torno do nível crítico (3,0 g kg<sup>-1</sup>) descritos por Kanapathy (1971). Provavelmente, o aumento de N e de K no solo diminuiu o teor de Mg na folha 14 do coqueiro para as duas épocas (Figura 8 A e B), pois a concentração

e velocidade de absorção do K em relação ao Mg, inibe a absorção deste último (MALAVOLTA, 2005), devido o K ser monovalente e de menor grau de hidratação confere absorção preferencial em relação aos cátions bivalentes como o Ca e o Mg.

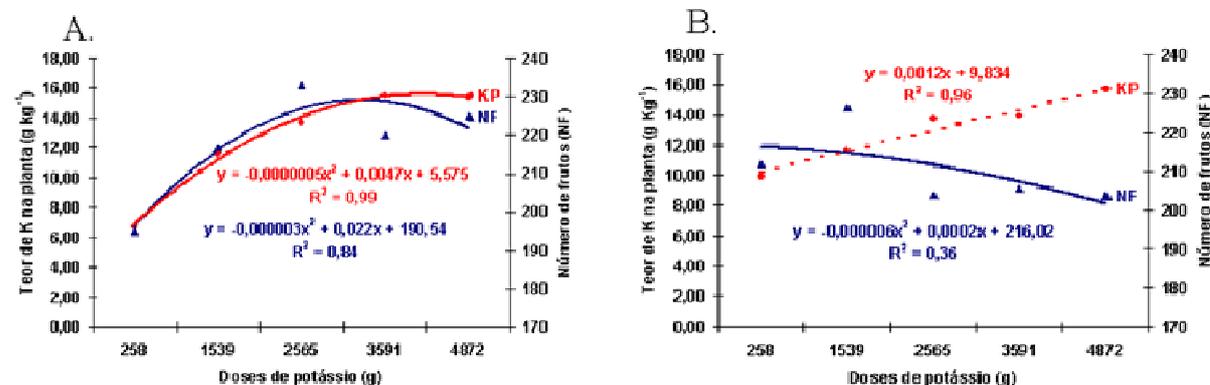
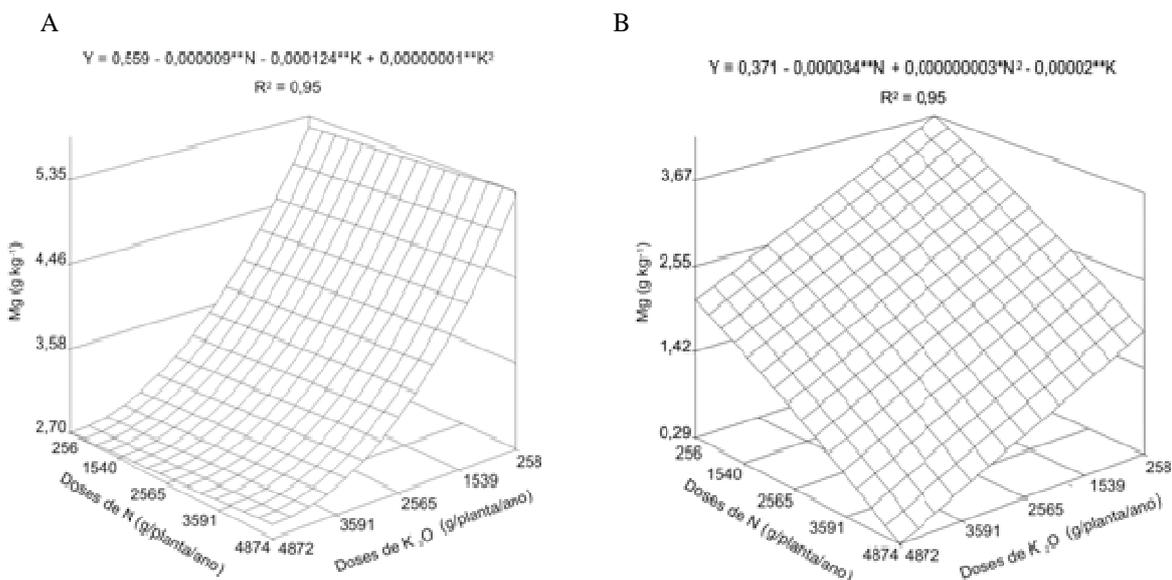


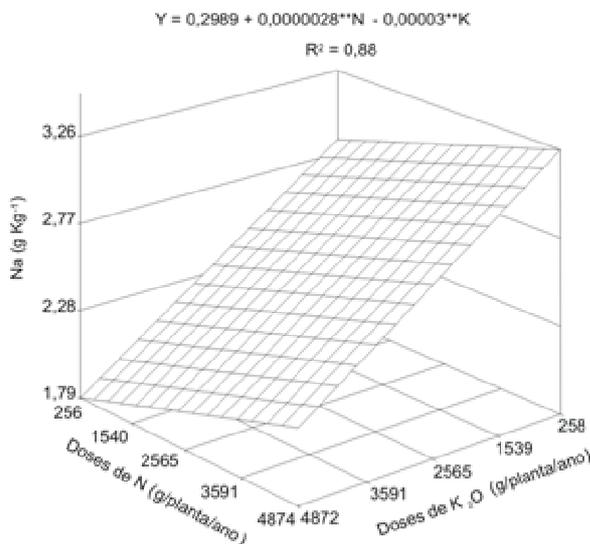
Figura 7. Correlação entre a concentração de K na folha 14 e produção média de frutos no 6º (A) e 7º (B) ano de cultivo, em função das doses de K<sub>2</sub>O aplicadas via fertigação.



**Figura 8.** Superfície de resposta do teor de Mg no coqueiro no 7º ano de cultivo para a época chuvosa (A) e seca (B) em função das doses de N e K<sub>2</sub>O.

Os teores de Na (Figura 9) variaram em torno do nível crítico (2,0 g kg<sup>-1</sup>) descrito por Kanapathy (1971). Os teores satisfatórios de Na na folha do coqueiro advêm de aplicações de NaCl em anos anteriores ao período de estudo, sendo observada uma diminuição na folha 14 do coqueiro com o tempo (Figura 9). As concentrações de Na em função das doses de K<sub>2</sub>O têm comportamento decrescente com efeito depressivo deste cátion sobre a concentração foliar do Na; podendo-se assumir a

explicação relatada anteriormente da inibição competitiva entre K e Mg. Para Malavolta (2005) o Na estimula o crescimento das plantas, devido à sua importância nos processos de expansão celular e balanço hídrico, substituindo o K em alguns processos metabólicos, pelo acúmulo de íons de Na nos vacúolos e ao mais rápido fechamento dos estômatos das plantas supridas de Na e K em relação às plantas supridas unicamente por K.



**Figura 9.** Superfície de resposta do teor de Na em folhas 14 do coqueiro no 7º ano de cultivo em função das doses de N e K<sub>2</sub>O aplicadas via fertiçação.

Com relação ao teor de Cl na folha 14, a superfície de resposta não mostrou uma correlação aceitável ( $R^2 < 0,36$ ); havendo uma tendência de diminuição do teor de Cl com o incremento das doses de N, com redução máxima acima de 75%. Essa ocorreu linearmente sem que o aumento nas doses de K<sub>2</sub>O retomasse os níveis de Cl nas folhas. Não foi observado correlação entre as doses de N ou

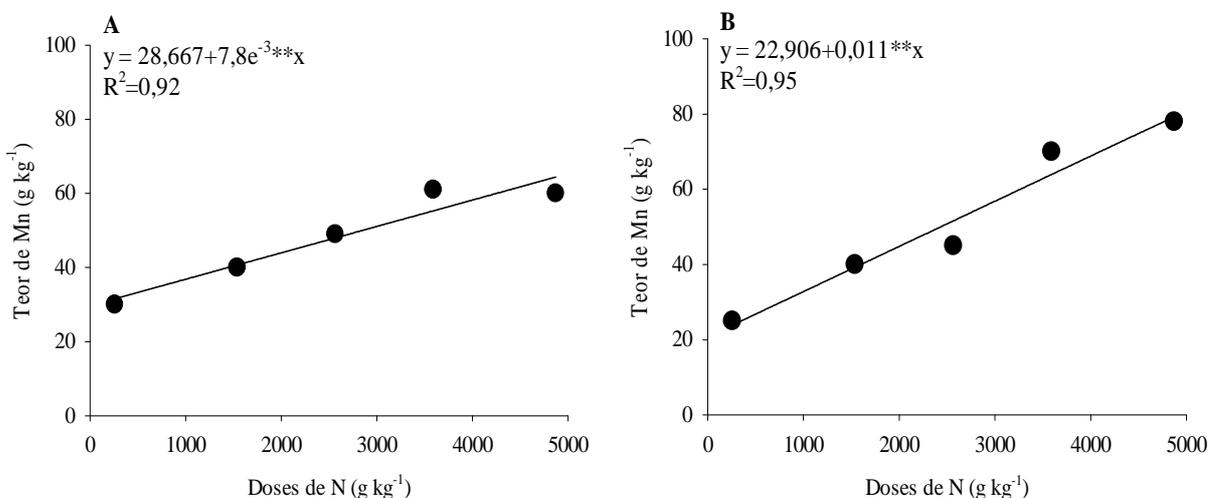
K e os teores de Fe na folha 14 do coqueiro; porém, os teores de Fe estão acima dos valores críticos para a cultura (40 mg kg<sup>-1</sup>). Isso possivelmente trouxe melhorias na formação da clorofila e nos processos fotossintéticos, de respiração e, sobretudo na assimilação de N e S. A carência de Fe por diagnose foliar é difícil de ser identificada, pois ainda não é

possível determinar com precisão o nível ótimo de Fe na folha, que deverá estar acima de 40 mg kg<sup>-1</sup>.

A concentração do Mn na folha 14 (Figura 10), ficou entre 20 e 500 mg kg<sup>-1</sup>, considerados baixos e tóxicos, respectivamente. Observa-se um aumento linear do teor de Mn na folha 14 do coqueiro com o incremento nas doses de N no solo. Isso ocorre quando o solo, pobre em microrganismos, diminui a oxidação de Mn, aumentando a concentração no solo e consequentemente maior absorção pela planta. O Mn é absorvido pela planta como Mn<sup>2+</sup>, sendo esta prejudicada por altas concentrações de outros cátions como o K, fato que pode estar relacionado, a não constatação deste efeito, é o aumento na concentra-

ção de NO<sub>3</sub> destinado ao sinergismo com o K (MALAVOLTA, 2005; FERNANDES, 2006).

Fernandes (2006), relatam que a adubação com efeito residual ácido, a exemplo da uréia, reduz o pH e o teor de Ca trocável do solo, mas aumenta o teor foliar de Mn à níveis tóxicos. Villas Bôas et al. (2008) justifica que a redução do pH do solo aumenta a diluição do Mn promovendo sua absorção pela planta. Segundo Damato Júnior et al. (2006), os mesmos verificaram resultados semelhantes em que doses crescentes de N reduziram o pH do solo e favoreceram a elevação do teor de Mn em folhas de banana.



**Figura 10.** Teor de Mn em folhas 14 de coqueiro no 7º ano de cultivo para as épocas chuvosas (A) e seca (B) em função das doses de N aplicadas.

## CONCLUSÃO

Durante o período chuvoso ocorre maior eficiência e estabilidade de absorção dos nutrientes pela planta.

As doses de N diminuiram o pH e os teores de Ca e Mg, entretanto proporcionaram aumento na disponibilidade do P no solo e maior absorção pela planta.

Observou-se um gradiente decrescente de concentração de nutrientes com a fertigação a partir da superfície do solo, sendo a camada de 0-20 cm mais representativa;

Os teores de K na folha 14 foram incrementados com o aumento nas doses de K<sub>2</sub>O via fertigação apresentando alta correlação com o número de frutos no 6º ano de cultivo.

A aplicação de K no solo elevou o teor de Cl e Mg na folha 14 e diminui o teor de Na, enquanto a aplicação de N no solo eleva o teor de Mn nas folhas.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, B. M. et al. Efeito da frequência de irrigação na qualidade de frutos do coqueiro Anão. **Irriga**, Botucatu, v.11, n. 3, p. 280-292, 2006.
- DAMATO JÚNIOR, E. R. et al. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de banana. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 546-549, 2006.
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 83-89, 2007.
- FERNANDES, M. S.; **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, 2006. 432 p.
- FERREIRA NETO, M. et al. Crescimento e produção de coqueiro Anão verde fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia**

**Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 7, p. 657-664, 2011.

FERREIRA NETO, M. et al. Emissão foliar, relações iônicas e produção do coqueiro irrigado com água salina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1675-1681, 2007.

KANAPATHY, K. Preliminary work on foliar analysis as a guide to the manuring of coconut Malaysia. In: WESTRE, R.; EARP, E. (ed.). **Cocoa and coconuts in Malaysia**, p. 357-366, 1971.

MALAVOLTA, E. Potássio: absorção, transporte e redistribuição na planta. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. cap. 8, p. 179-238.

OLIVEIRA, F. A. de. et al. Eficiência agronômica da fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do meloeiro nas condições do semiárido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 5-11, 2008.

OUVRIER, M. **Evolution de la composition minérale du cocotier hybride PB 121 au jeune âge**. Oléagineux, Paris, v. 45, n. 2, p. 69-80, 1990.

SILVA JUNIOR, M. J. et al. Resposta do meloeiro à fertirrigação controlada através de íons da solução do solo: Parâmetros produtivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 723-729, 2010.

SILVA, R. A. et al. Crescimento e produção do coqueiro anão verde fertirrigado com nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n.1, p. 161-167, 2009.

SOBRAL, L. F. Nutrição e adubação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S; WARWICK, D. R. N; SIQUEIRA, L. A., (Eds.) **A cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa, 1998. p. 129-157.

SOUSA, A. E. C. et al. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 271-278, 2010.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Exportação de nutrientes e qualidade de cultivares de rosas em campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 515-519, 2008.