



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



AARON DE SOUSA ALVES

NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA 'PACOVAN' FERTIRRIGADA COM
NITROGÊNIO E POTÁSSIO UTILIZANDO ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO DE 2017

AARON DE SOUSA ALVES

NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA ‘PACOVAN’ FERTIRRIGADA COM
NITROGÊNIO E POTÁSSIO UTILIZANDO ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração:

Irrigação e Drenagem

Orientadores:

Prof^ª. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima – UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. José Dantas Neto – UFCG/CTRN/UAEAg

CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO DE 2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586d

Alves, Aaron de Sousa.

Nutrição e produção de bananeira 'Pacovan' fertirrigada com nitrogênio e potássio utilizando água superficial poluída / Aaron de Sousa Alves. – Campina Grande, 2017.
144 f. il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2017.

"Orientação: Prof^ª. Dra. Vera Lucia Antunes de Lima".
Referências.

1. Qualidade da Água - Reuso. 2. Bananicultura Irrigada. I. Moraes Neto, João Miguel de. II. Título.

CDU 634.773:504.5(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE DE DOUTORADO

Aaron de Sousa Alves

NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA 'PACOVAN' FERTIRRIGADA COM
NITROGÊNIO E POTÁSSIO UTILIZANDO ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

Aprovada em: 23 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Vera Lúcia Antunes de Lima
Orientadora - UAEA/CTRN/UFCEG

Prof. Dr. José Dantas Neto
Orientador - UAEA/CTRN/UFCEG

Prof. Dr. Alberto Soares de Melo
Examinador - UEPB


Dra. Leda Verônica Benevides Dantas Silva
Examinadora - UNITINS/TO

Dr. Geovani Soares de Lima
Examinador - UAEA/CTRN/UFCEG

Prof. Dr. Arsênio Pessoa de Melo Júnior
Examinador - IF SERTÃO PERNAMBUCANO

CAMPINA GRANDE, PB
FEVEREIRO DE 2017

Em mais uma etapa da minha história DEUS me concedeu forças para estar aqui, neste momento único, concretizando mais um sonho, com muito orgulho.

Dedico

A meus pais, Antonio de Oliveira Alves e Maria Telma de Sousa Alves, por todo apoio, dedicação, orientação e confiança depositada em mim. Obrigado também pela vida, pelo carinho, paciência e incentivo durante esta caminhada.

A meus irmãos, Glauco e Napoliana, pela amizade e por estarem sempre ao meu lado. Obrigado também por sua presença nos momentos em que estive ausente e pelo amor tão abundante.

A Minha esposa Gildene Romão, pelo amor, apoio constante e dedicação à família, compreensão e incentivo em todos os momentos.

A toda a minha família pelo apoio, pela força e principalmente pela confiança depositada em mim.

in memoriam: Aos meus queridos avôs materno e paterno.

Ofereço

“Tudo é permitido”, mas nem tudo convém. “Tudo é permitido”, mas nem tudo edifica. Aquilo que não te edifica te destrói.

I Cor. 6:12

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande, particularmente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso e por me proporcionar uma formação profissional e humana.

Agradeço a toda minha família: pais, irmãos, avós, tios, primos.

À Professora Dr^a Vera Lúcia Antunes de Lima, pela importante ajuda, orientação, estímulo, atenção, paciência e dedicação durante este trabalho e pelos ensinamentos por ocasião do curso.

Ao Professor Dr. José Dantas Neto, pela orientação, auxílio, atenção e preciosas sugestões concebidas para a correta condução dos trabalhos.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pelos bons ensinamentos durante estes anos de curso. Agradeço também a todos os professores das instituições de ensino por onde passei.

Ao Sr. Antônio Alves da Silva, pela enorme atenção, paciência e ajuda durante a condução dos estudos.

A todos os funcionários da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento concedido ao projeto, que originou este trabalho.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e às pessoas que ali trabalham, pelas informações prestadas e apoio aos alunos deste centro.

Aos amigos: Arsênio Pessoa de Melo Júnior, Benjamim Carvalho Lima Júnior.

Aos colegas de curso: Silvana Medeiros, José Alberto Calado Wanderley, Marcos Ferreira de Mendonça, Lenildo Teixeira Souto Filho, Benjamim Carvalho de Lima Júnior, Enoque Marinho de Oliveira, Abel Henrique dos Santos Gomes, Sebastião de Oliveira Maia Júnior, Whéllyson Pereira Araújo, José Wilson da Silva Barbosa, Rosinaldo de Sousa Ferreira, Jailma Ribeiro de Andrade, Denise de Jesus Lemos Ferreira, Antonio Fernandes Monteiro Filho, George do Nascimento Ribeiro, Arsênio Pessoa de Melo Júnior e Flávio da Silva Costa, Patrícia Ferreira da Silva, Rigoberto Matos, por tudo que passamos juntos durante o curso.

Enfim, agradeço a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para minha qualificação profissional.

OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral	15
2.2. Específicos	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1. Aspectos gerais sobre a cultura da bananeira	16
3.1.1. Origem e distribuição geográfica	16
3.1.2. Importância econômica	16
3.1.3. Exigências nutricionais	18
3.2. Qualidade da água para Irrigação	19
3.2.1. Classes de água para irrigação	20
3.2.2.1. Quanto ao risco de salinidade	20
3.2.2.2. Quanto ao risco de sodicidade	22
3.2.2.3. Classes de água quanto ao risco de toxicidade	25
3.3. Fertirrigação em bananeira	27
3.4. Diagnose do estado nutricional	27
3.5. Características físico-química de frutos	30
4. REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO II	40
1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO DE QUEIMADAS E ÁREA DO ESTUDO	40
1.2. Localização geográfica e inserção regional do município de Queimadas - PB	40
1.3. O Rio Bodocongó	41
2. ÁREA DO ESTUDO	41
2.1. Área experimental	42
2.2. Clima	43
2.3. Solo	43
3. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	45
3.1. Cultivar utilizada	46
4. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	46
5. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	47
5.1. Irrigação	47
5.2. Fertirrigação	48
5.3. Tratos culturais	49
6. ANÁLISE DOS DADOS	50
7. REFERÊNCIAS	51
CAPÍTULO III	52
QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA ‘PACOVAN’ NA REGIÃO DE QUEIMADAS-PB	52
RESUMO	52
1. INTRODUÇÃO	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4. CONCLUSÕES	70
5. REFERÊNCIAS	71

CAPÍTULO IV	75
DIAGNOSE NUTRICIONAL, PELO MÉTODO DRIS, DE BANANEIRA FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA	75
RESUMO	75
1. INTRODUÇÃO	77
2. MATERIAL E METODOS.....	78
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	83
4. CONCLUSÕES.....	104
5. REFERENCIAS	105
CAPÍTULO V	111
QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICAS DE BANANA ‘PACOVAN’ PRODUZIDA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA	111
RESUMO	111
1. INTRODUÇÃO	113
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	114
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
4. CONCLUSÕES.....	137
5. REFERENCIAS	138
CONSIDERAÇÕES FINAIS	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.	21
Tabela 2. Concentração de Ca° (mmol L^{-1}) resultante da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e da relação $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{++}$	24
Tabela 3. Concentrações de íons em água e riscos de toxicidade às plantas correspondentes.	26
Tabela 4. Caracterização química do solo da área experimental nas diferentes épocas de amostragens... ..	45
Tabela 5. Tratamentos aplicados às unidades experimentais	46
Tabela 6. Classificação da água do Rio Bodocongó para irrigação, segundo critérios sugeridos por diferentes autores, empregando-se métodos alternativos de cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS) e classes de condutividade elétrica (CE)	67
Tabela 7. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	84
Tabela 8. Resumo da análise de variância para os teores foliares de Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	85
Tabela 9. Equações e coeficientes de determinação para os teores foliares de macro e de micronutrientes nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	86
Tabela 10. Diagnóstico do estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, por meio do DRIS, nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	89
Tabela 11. Equações e coeficientes de determinação entre Índices DRIS e teores foliares de macro e de micronutrientes, nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	94
Tabela 12. Resumo da análise de variância para os componentes de produção: peso médio do cacho (PMC), peso médio da penca (PMP), peso médio do fruto (PMF), comprimento médio dos frutos (CMF) e diâmetro médio dos frutos (DMF) nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	117
Tabela 13. Resumo da análise de variância para teores de N, P, K, Ca, Mg e S em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	121
Tabela 14. Resumo da análise de variância para os teores de Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na, em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Detalhes do Rio Bodocongó com destaque para a área experimental à sua margem	43
Figura 2. Detalhes da área experimental com destaque para a demarcação das parcelas experimentais, manejo das plantas e dos restos culturais nas fileiras duplas	45
Figura 3. Precipitação mensal registrada no período de janeiro a novembro de 2012 nos municípios de Queimadas - PB e Campina Grande - PB	58
Figura 4. Valores de potencial de hidrogênio - pH (a), condutividade elétrica - CEa (b) e razão de adsorção de sódio - RAS (c) da água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra	60
Figura 5. Teor de nitrogênio - N (a), fósforo - P (b) e potássio - K ⁺ (c) Calcio - Ca ⁺⁺ (d), magnésio - Mg ⁺⁺ (e) e sódio - Na ⁺ (f) na água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra	62
Figura 6. Teor de cloreto - Cl ⁻ (a), carbonato - CO ₃ ⁻ (b) e bicarbonato - HCO ₃ ⁻ (c) na água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra	65
Figura 7. Classificação iônica da água do Rio Bodocongó nas diferentes época de amostragem	69
Figura 8. Relação entre os índices DRIS e a concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de bananeira 'Pacovan' no 2º ciclo.....	91
Figura 9. Relação entre os índices DRIS e a concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de bananeira 'Pacovan' no 3º ciclo.....	92
Figura 10. Relação entre índice DRIS de N e K foliar no 2º ciclo, N e Fe foliar no 3º ciclo e doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação à bananeira 'Pacovan'	101
Figura 11. Relação entre produtividade da bananeira 'Pacovan', obtida nos 2º e 3º ciclos, em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação	103
Figura 12. Peso médio do cacho - PMC (a; b) e peso médio da penca - PMP (c; d) produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	118
Figura 13. Peso médio do fruto - PMF (a; b), comprimento médio do fruto - CMF (c; d) e diâmetro médio do fruto (e) produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	119
Figura 14. Concentração de N (a-b), K (c-d) e P (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	122
Figura 15. Concentração de Ca (a-b), Mg (c-d) e S (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	125
Figura 16. Concentração de Fe (a-b), Cu (c-d) e Zn (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	130
Figura 17. Concentração de Mn (a-b) e B (c-d) (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	133
Figura 18. Concentração de Cl (a-b) e Na (c-d) (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação	134

NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE BANANEIRA 'PACOVAN' FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO UTILIZANDO ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

Aaron de Sousa Alves

RESUMO: No Nordeste brasileiro, a fruticultura apoia-se em condições climáticas singulares, combinando os elevados índices de luminosidade as altas temperaturas com a baixa umidade relativa do ar registrada, neste cenário, a bananicultura é vista, como uma das mais rentáveis e promissoras atividades agrícolas, sobretudo nos polos de fruticultura irrigada. Neste contexto, avaliou-se a influência da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre os constituintes produtivos e nutricionais em folhas e frutos, em dois ciclos produtivos, da bananeira 'Pacovan'. Os estudos foram conduzidos na Fazenda Ponta da Serra, às margens do rio Bodocongó, em que foram testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Durante os estudos, realizou-se o monitoramento da qualidade química da água utilizada na irrigação da bananeira a partir de avaliações periódicas dos parâmetros: pH; CEA; N; P-orto; K; Ca; Mg; Na; HCO₃; CO₃; Cl e RAS. Já os diagnósticos do estado nutricional da cultura, elaborados a partir do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação - DRIS foram averiguados em dois ciclos produtivos. Neste contexto, e em meio aos resultados obtidos, percebe-se que, a irrigação com água do Rio Bodocongó deve ser praticada com cautela, pois elevados teores de Na⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻ e Cl⁻ são transportados ao solo, por meio das irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados, posto que, possui salinidade variando de média a muito alta, sodicidade oscilando entre baixa e média e toxicidade moderada às plantas. O aporte de nutrientes essenciais provenientes da água do Rio Bodocongó, principalmente, N e K permitiram reduzir as quantidades dos fertilizantes nitrogenado e potássico, sem prejuízo ao estado nutricional da cultura, em que, se verificou equilíbrio nutricional de N e K no 2º ciclo e N e Fe no 3º ciclo, em plantas fertirrigadas com 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹. Estas doses imprimiram produtividades de 14,2 t ha⁻¹ no 2º ciclo e 24,3 t ha⁻¹ no 3º ciclo; sendo colhidos cachos com apenas 6,0 kg a menos, contendo frutos apenas 15,3 g mais leves, 2,5 cm menores e 0,5 cm menos espessos, que aqueles encontrados nas doses máxima de N e K definidas pelos modelos estatísticos. É importante mencionar que os teores de K e Mn nos frutos colhidos no 3º ciclo excederam os limites nutricionais para ingestão diária definidas pela National Academy of Sciences e, portanto, podem apresentar restrições ao consumo.

Palavras-chave: reuso, qualidade de água, bananicultura irrigada

NUTRITION AND PRODUCTION OF 'PACOVAN' BANANA FERTIRRIGATED WITH NITROGEN AND POTASSIUM USING SURFACE POLLUTED WATER

Aaron de Sousa Alves

ABSTRACT: In the Brazilian Northeast, fruit growing is based on unique climatic conditions, combining the high luminosity indexes with high relative humidity and low air humidity. In this scenario, banana cultivated is seen as one of the most profitable and promising agricultural activities, Especially in the irrigated fruit farms. In this context, was evaluated the influence of fertirrigation with different doses of nitrogen and potassium through the low-quality water of the Bodocongó River, on the productive and nutritional constituents in leaves and fruits, in two productive cycles, of the 'Pacovan' banana. The studies were conducted at Ponta da Serra farms, on the margins of the Bodocongó river, where two factors were tested. Nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of ammonium sulfate) and Potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of potassium chloride), in the block design with treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme, with three replications. During the studies, the monitoring of the chemical quality of the water used in the irrigation of the banana tree was carried out through periodic evaluations of the parameters: pH; CEa; N; P-orto; K; Ca; Mg; Na; HCO₃; CO₃; Cl e RAS. The diagnoses of the nutritional status of the crop, elaborated from the Integrated System of Diagnosis and Recommendation - DRIS, were investigated in two productive cycles. In this context, and among the obtained results, it is perceived that, irrigation with water from the Bodocongó River should be practiced with caution, since high levels of Na⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻ and Cl⁻ are transported to the soil by irrigations, which makes it limiting to the continued use in irrigated productive systems, because it has salinity ranging from medium to very high, sodicity oscillating between low and medium and moderate toxicity to plants. The contribution of essential nutrients from the water of the Bodocongó River, mainly N and K, allowed to reduce the amount of nitrogen and potassium fertilizers, without prejudice to the nutritional status of the crop. In which the nutritional balance of N and K in the second cycle and N and Fe in the third cycle were verified in fertigated plants with 19 kg of K ha⁻¹ and 15 kg of N ha⁻¹. These doses produced productivities of 14.2 t ha⁻¹ in the second cycle and 24.3 t ha⁻¹ in the third cycle; Being harvested bunches with only 6.0 kg less, containing fruits only 15.3 g lighter, 2,5 cm smaller and 0,5 cm less thick than those found in the maximum doses of N and K defined by the statistical models. Likewise, it is important to mention that the levels of K and Mn found in fruits harvested in the third cycle exceeded the maximum nutritional limits for daily intake defined by the National Academy of Sciences and, therefore, may present restrictions for consumption.

Key words: Reuse, water quality, irrigated banana farming

1. INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira é uma cultura de ampla distribuição geográfica, destacando-se entre as de principal interesse econômico devido, principalmente, às altas produtividades e lucratividade apresentada. O Brasil se destaca como o segundo maior produtor mundial de banana, tendo a região Nordeste como a principal produtora, neste local a bananicultura é vista como uma das mais rentáveis e promissoras atividades agrícolas, sobretudo nos polos de fruticultura irrigada.

No semiárido brasileiro, em especial nas regiões em que as precipitações pluviométricas são insuficientes para atender às necessidades hídricas das culturas, a intensificação das explorações agrícolas, sob condições irrigadas, vem se estabilizando como uma alternativa viável para obtenção de produtividades mais elevadas. Ainda assim, é conhecido que nestas regiões, a expansão da bananicultura requer uma forte integração de esforços, em que, o fornecimento de água e nutrientes por meio das irrigações no momento oportuno e em quantidades adequadas, segundo a demanda nutricional da cultura, visando a maior eficiência das adubações, são algumas das dificuldades que se encontra nesse processo.

O aproveitamento de água com qualidade inferior em sistemas produtivos irrigados surge como uma alternativa factível para se aumentar a disponibilidade hídrica nas regiões áridas e semiáridas, constituindo-se em uma importante estratégia de produção, sobretudo, no âmbito do desenvolvimento sustentável devido, principalmente, aos benefícios econômicos propiciados pela presença de nutrientes essenciais à bananeira, em que, além do potássio, nutriente de maior demanda pela cultura, também estão presentes, o nitrogênio, o fósforo, o cálcio, o magnésio e micronutrientes, o que compõe um material de elevado valor fertilizante, que permite a redução

de gastos com aquisição e aplicação de fertilizantes químicos, diante dos diferentes sistemas de manejo cultural.

No entanto, o seu manuseio deve ser realizado com cautela, principalmente com relação ao sódio que, em geral, se encontra em concentrações elevadas na água residuária restringindo a solubilidade de muitos nutrientes (SANDRI et al., 2009), o que pode provocar alterações nas características químicas dos solos, como elevação do pH, dos teores de cálcio, sódio, nitrogênio, fósforo e dos elementos que conferem salinidade (MANCUSO e SANTOS, 2003), promovendo um desbalanço de nutrientes no solo, o que contribui, para o desequilíbrio nutricional da cultura da bananeira, podendo trazer riscos à sua exploração.

Por outro lado, esta técnica quando bem conduzida possibilita a disposição ao solo dos macros e micronutrientes presentes na água residuária, na forma de fertirrigação. Neste contexto, as plantas desempenham uma importante função, que é a de utilizar os nutrientes, disponibilizados pelas águas residuária, necessários ao seu desenvolvimento, evitando seu acúmulo e a consequente salinização do solo e contaminação das águas superficiais e subterrâneas (RIBEIRO et al., 2009). Reduzindo seu potencial poluidor, promovendo melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do meio edáfico e, por conseguinte, promovendo a adequada nutrição das plantas.

O Estado da Paraíba apresenta a quase totalidade de seu território na região semiárida onde a intermitências na oferta de água vem, ao longo dos anos, causando prejuízos consideráveis nos diversos setores produtivos o que tem motivado conforme Lima (2009) o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias como o aproveitamento de águas residuárias na irrigação que, além de conservar os recursos hídricos de melhor qualidade para usos mais virtuosos como o abastecimento humano permite reduzir consideravelmente o custo da aplicação de fertilizantes minerais contribuindo para elevação do retorno econômico dos produtores rurais e para atração e permanência do homem no campo (SILVA, 2014).

Neste contexto, a realização de estudos que, efetivamente, mostrem, não só os agravantes decorrentes da utilização inadequada de água de baixa qualidade em sistemas de produção irrigados, mas também que respaldem ações de controle e estratégias de manejo que apontem para um aproveitamento correto dos nutrientes contidos em sua composição, tornando-os disponíveis às culturas em quantidades adequadas e no momento oportuno, desempenha papel fundamental dentro da pesquisa científica figurando-se em eficiente instrumento para a tomada de decisões, fornecendo informações valiosas que contribuirão, sobremaneira, para definir parâmetros e planejar estratégias que assegurem a sua utilização, em potencial, na irrigação contribuindo para o desenvolvimento da agricultura irrigada na região e para a redução de danos ambientais severos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a influência da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre os constituintes produtivos e nutricionais em folhas e frutos, em dois ciclos produtivos, da bananeira ‘Pacovan’.

2.2. Específicos

- Monitorar a qualidade da água do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB, averiguando, dentre outros aspectos, suas possíveis restrições para prática da irrigação da bananeira ‘Pacovan’ em Queimadas-PB.
- Avaliar os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, utilizando o método DRIS - Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação para interpretação das análises foliares.
- Avaliar os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre as características físicas e nutricionais de frutos de bananeira cv. Pacovan.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Aspectos gerais sobre a cultura da bananeira

3.1.1. Origem e distribuição geográfica

Atualmente não se pode indicar com exatidão a origem da bananeira, no entanto, de acordo com Moreira (1987) é possível que a planta seja originária do Oriente, sul da China ou Indochina. Havendo referências da sua presença na Índia, Malásia ou Filipinas, onde tem sido cultivada há mais de 4.000 anos. Para Alves (1999) a bananeira é uma planta originária do continente Asiático.

Castro et al. (2008), admitem que a maioria das cultivares de bananeira (*Musa spp.*) tem sua origem no Sudoeste Asiático, sendo o continente Asiático o centro de origem da maior parte do germoplasma de banana, ainda que exista outros centros secundários como na África Oriental, algumas ilhas do Pacífico e uma considerável diversidade genética na África Ocidental em regiões com clima tropical quente e úmido.

No Brasil as bananeiras existem desde antes do seu descobrimento. Quando Pedro Álvares Cabral aqui chegou, encontrou os indígenas comendo *in natura* bananas de uma cultivar muito digestiva que se supõe tratar-se da “Branca” e outra, rica em amido, que precisava ser cozido antes do consumo, chamada de “Pacoba” podendo se tratar do cultivar Pacovan (MOREIRA, 1999). A palavra “Pacoba”, em guarani, significa banana. Com o decorrer do tempo, verificou-se que o “Branca” predominava na Região Litorânea e o “Pacovan”, na Amazônica.

Atualmente a cultura da bananeira encontra-se presente em quase todo o território brasileiro, apresentando significativa diversidade, especialmente, em relação às variedades e padrão tecnológico de explorações (SOUZA e TORRES FILHO, 1997). Por ser um vegetal essencialmente de trópico úmido, pode ser cultivada em todas as zonas agroecológicas localizadas entre 30° de latitude Norte e Sul, onde as temperaturas se situam entre os limites de 10° C e 40° C, sendo a ótima em torno de 28° C (MELO et al., 2010).

3.1.2. Importância econômica

Com uma produção de aproximadamente seis milhões de toneladas anuais e um consumo per capita da ordem de 25 kg/ano, a cultura da bananeira ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas (GASPAROTTO et al., 2003). Neste contexto, a bananicultura nacional constitui-se numa das atividades agrícolas mais rentáveis e promissoras do Brasil. Com uma área

cultivada de 513 mil de hectares (AGRIANUAL, 2008). Em 2010, a produção de banana no Brasil alcançou 7.451.972 toneladas. Fazendo do Brasil o segundo maior produtor mundial da fruta e da região Nordeste a maior produtora do País (IBGE, 2010). Sendo responsável por cerca de 35,80% da produção nacional (SANTOS et al., 2009). E a Região Norte responsável por cerca de 25% da nacional, onde Pará e Amazonas concentram 88% da produção (GASPAROTTO et al., 2003).

Embora o Brasil figure como um grande produtor e consumidor de bananas, a bananicultura nacional enfrenta sérios problemas nas fases de produção e pós-colheita, que limitam a sua inserção no mercado internacional. Um dos fatores de perda é a qualidade fitossanitária da fruta. Sabe-se que somente frutos de alta qualidade, produzidos livres de pragas, doenças e distúrbios diversos são capazes de conquistar novos mercados (LEONEL e DAMATTO JUNIOR, 2007). Apesar da grande variedade de cultivares existentes no Brasil, são poucas as que possuem potencial agrônomo para exploração comercial com alta produtividade, tolerância às pragas e doenças, porte reduzido e menor ciclo de produção (ANDRADE et al., 2009).

Além disso, é indiscutível o papel da banana na complementação alimentar das populações de baixa renda e, praticamente, toda a produção brasileira destina-se ao mercado interno (ANDRADE et al., 2009). Segundo Gasparotto et al. (2003), apesar de ser a segunda fruta mais consumida, a banana constitui parte importante da renda dos pequenos produtores e da alimentação da população mais carente, principalmente no meio rural.

Souza e Torres Filho (1997) ressaltam ainda que a área ocupada pela cultura da bananeira é a segunda maior entre as destinadas à produção de frutas para consumo *in natura*. Assim, conforme o Anuário Brasileiro da Fruticultura (2008), a banana é a segunda fruta em produção no País, perdendo apenas para a laranja, por outro lado, é a fruta mais consumida na forma *in natura*, atingindo o equivalente a 30 quilos por habitante ano.

No Brasil, sua produção encontra-se distribuída nas 27 unidades da Federação, e no Distrito Federal. Entre os maiores produtores da fruta destacam-se o estado de São Paulo, como o maior produtor de banana na atualidade, com uma produção anual estimada em 1,2 milhões de toneladas, e os estados da Bahia e Santa Catarina como o segundo e terceiro maiores produtores, respectivamente. Do total produzido, 95% da safra ficam no país (FIORAVANÇO, 2007). E o restante 5% da produção é exportado, para Reino Unido, Argentina, Uruguai, Itália, Holanda e Alemanha, nessa ordem (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2008).

Contudo, embora seja um dos maiores produtores mundiais de banana, o Brasil apresenta baixos rendimentos de produtividade média de 14,1 t/ha, enquanto que países como a Guatemala e Costa Rica apresentam rendimentos de 55,5 t/ha e 55,1 t/ha (FAO, 2007). Este baixo rendimento, constatado nas regiões produtoras de banana torna evidente a demanda de tecnologia para esta

fruta, o que pode ser atestado pelas associações cooperativas dos polos produtores que vêm tentando junto à Embrapa apoio de extensão rural no sentido de capacitação dos produtores (SILVA, 2009).

3.1.3. Exigências nutricionais

A bananeira se adapta a diferentes tipos de solos, entretanto, para um perfeito desenvolvimento da cultura, devem-se preferir solos profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica e com boa capacidade de retenção de água (COSTA, 2009). Neste sentido, Cordeiro et al (2003), enfatiza, que o solo ideal é aquele de textura média, não devendo ser muito arenoso e/ou muito argiloso, sendo que os primeiros, normalmente apresentam baixa quantidade de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água e o segundo por apresentar maior dificuldade no preparo para o plantio, maiores riscos de encharcamento e maior impedimento ao crescimento das raízes. Entretanto, em plantios comerciais de bananeira deve-se realizar fertilização adicional, até mesmo em solos mais férteis, para se manter elevados rendimentos da cultura e evitar o esgotamento de nutrientes do solo (ROBINSON, 1996).

Estudos sobre nutrição mineral em bananeira têm demonstrado exigências nutricionais elevadas e, concomitantemente, a importância de fornecimento equilibrado dos nutrientes para obtenção de produções econômicas MELO et al. (2010). Dentre os nutrientes requeridos em maiores quantidades, destacam-se o potássio e o nitrogênio, sendo estes indispensáveis ao incremento da produtividade da cultura (SILVA et al., 2003). Sousa et al. (2004), afirmam que esses nutrientes são absorvidos e exportados em grandes quantidades pela bananeira e quando não repostos ao solo, pode provocar declínio na produtividade e na qualidade dos frutos.

Contudo, Epstein e Bloom, (2006), ressaltam que o nitrogênio tem função estrutural na planta, pois faz parte de moléculas de aminoácidos e proteínas, além de ser constituinte de bases nitrogenadas e ácidos nucléicos. Participando, ainda, de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Sendo extremamente importante para o crescimento vegetativo da planta, responsável pelo aumento de número de pencas e pela emissão e crescimento dos rebentos, aumentando consideravelmente a quantidade total de matéria seca (BORGES et al., 1999).

Estudando doses de nitrogênio e potássio em bananeira, Pinto et al. (2005) observaram uma produtividade de 17,43 t ha⁻¹ em bananeira ‘Pacovan’ fertirrigadas com 340 kg de N ha⁻¹. Já, Silva et al. (2003), trabalhando com banana cv. Prata-Anã, constataram que o aumento da dose de N de

0 a 1600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ promoveu redução em torno de 10,61% no rendimento de frutos. Borges et al. (2003), observaram exportações de 1,9 kg de N por tonelada de cachos produzidos.

Quanto ao potássio, considera-se o elemento mais importante para a cultura da banana, sendo que uma elevada demanda desse nutriente favorece a resposta da bananeira em relação à sua aplicação mesmo em solos com teores de 0,4 cmolc dm⁻³ desse elemento (LAHAV e TURNER, 1983). Pois está presente em quantidade elevada, correspondendo a aproximadamente 62% do total de macronutrientes e 41% do total de nutrientes da planta. Além disso, mais de 35% do K total absorvido é exportado pelos frutos (BORGES e OLIVEIRA, 2000). Havendo exportações de 5,2 kg de K por tonelada de cachos produzidos (BORGES et al., 2003). Esse nutriente atua ainda como um osmorregulador dissolvido no suco celular, em que sua acumulação cria um gradiente osmótico que permite o movimento de água, regulando a abertura e fechamento dos estômatos, exercendo um papel essencial na turgescência das células, transporte de carboidratos e respiração (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Avaliando a nutrição mineral da bananeira, Neves et al. (1991), observaram que o potássio foi o elemento mais exportado pelos frutos, aproximadamente 35% do total absorvido. Silva et al. (2003) verificaram que a produção máxima da bananeira cv. “Prata-Anã” foi obtida na dose correspondente a 962,5kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, a sua disponibilidade é largamente determinada pelas condições de difusão e de fluxo de massa no solo, que, por sua vez, são funções do seu conteúdo de água (TEIXEIRA, et al., 2011).

3.2. Qualidade da água para Irrigação

As principais fontes para disponibilização de água no solo são as chuvas, as ascensões capilares dos lençóis e a irrigação. A quantidade de água no solo pode ser determinada pelo volume adsorvido, enquanto a retenção da mesma está relacionada às características específicas como textura, capilaridade e potencial mátrico, que são específicas de cada tipo de solo (MEDEIROS et al., 2015). Na relação planta-solo, as culturas são diretamente influenciadas pelo teor de umidade do solo, pois seu rendimento oscila de acordo com a quantidade de água disponível (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

Neste contexto, o desenvolvimento agrícola, segundo Ramalho Neto et al. (2012) está sujeito à disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas. No entanto, para se evitar o surgimento de problemas relacionado à qualidade da água na irrigação, Ayers e Westcot (1999) argumentam que é preciso atentar para as potencialidades da água em causar condições que possam limitar seu uso. Contudo, o suprimento de água por meio da irrigação é indispensável para a

bananeira, pois promove ótimo desenvolvimento da planta, aumenta a produtividade, permite a obtenção de produção de forma contínua e uniforme, e frutos de boa qualidade (COSTA, 2009).

Pesquisas relacionadas ao uso de água pela bananeira, nos diferentes ecossistemas brasileiro, apesar de não atenderem completamente as demandas existentes tem gerado alguns resultados (COELHO et al., 2003). Em que os efeitos dos tipos de água sobre os vegetais levam em consideração não apenas a sua composição físico-química, mas também as características fisiológicas das culturas, sua tolerância à salinidade, seu ciclo de produção, as propriedades físicas do solo com a permeabilidade, porosidade, textura, composição mineral, (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). A correta interpretação da qualidade da água para irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (SILVA, 2011).

Apesar de haver uma demanda contínua, a relação entre a cultura da bananeira e os sistemas de irrigação utilizados para sua produção, não tem sido abordado pelo produtor (SILVA, 2009). Assim, diagnosticar distúrbios relacionados à qualidade da água de irrigação com a salinidade, varia em tipo e intensidade no tempo e espaço, e depende das relações entre solo-água-planta-atmosfera e manejo da irrigação. Quanto ao aspecto qualitativo da água, este pode ser definido em função dos critérios de salinidade, sodicidade, toxicidade e outros, (BERNARDO, 2008; AYERS e WESTCOT, 1999). O conhecimento desses atributos pode indicar se a água deve ou não ser utilizada para irrigação (LOBATO et al., 2008).

Problemas decorrentes da deposição de sais adicionados pela água de irrigação ao solo se gravam a medida que o conteúdo total de sais aumenta, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, para manter rendimentos das culturas a níveis aceitáveis, em que, a qualidade da água e/ou sua adaptabilidade à irrigação determina-se, também, pela gravidade dos problemas que podem surgir depois do uso a longo prazo (AYERS e WESTCOT, 1999).

3.2.1. Classes de água para irrigação

3.2.2.1. Quanto ao risco de salinidade

A salinidade excessiva na zona radicular afeta consideravelmente o desenvolvimento das plantas, em consequência à diminuição da taxa de respiração e crescimento (HOLANDA e AMORIM, 1992). Devido, principalmente, à maior energia utilizada pela planta no processo de absorção de água do solo a ao ajustamento bioquímico necessário à sua sobrevivência sob estresse salino (RHOADES et al., 1992).

As culturas, quando produzidas em regiões áridas e semiáridas consomem grandes quantidades de água segundo Smedema e Shiati (2002), enquanto a produção de 1 kg de grão em zona temperada consome menos do que 0,5 m³ de água nas zonas áridas são necessários de 1,5 a 2,5 m³. O elevado consumo de água nesta atividade contribui para elevar a concentração de sais no solo e nas fontes hídricas (LIMA, 2010).

O risco de salinidade ou de salinização do solo pode ser avaliado pela condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), a qual corresponde à medida da capacidade dos íons presentes na água em conduzir eletricidade, crescendo proporcionalmente ao aumento da concentração dos sais, representados, principalmente, pelos íons inorgânicos Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ Cl⁻, SO₄⁻, e HCO₃⁻, (RIBEIRO et al., 2005). É o parâmetro mais utilizado para expressar a concentração de sais dissolvidos totais (SDT) na água tendo em vista a elevada correlação que existe entre os sólidos totais dissolvidos (MELO et al., 2007). Assim, o conhecimento dos níveis de salinidade da água do Rio Bodocongó, torna-se ferramenta indispensável ao manejo e ao uso correto deste recurso na irrigação da bananeira. Demonstrando a importância do conhecimento da qualidade da água e sua composição quanto à concentração iônica e ao total de sais.

Que mesmo contendo baixos níveis de salinidade, a água utilizada na irrigação, pode conferir salinização aos solos, quando não manejada corretamente (AYERS e WESTCOT, 1999). Como alerta, tem-se que a salinidade é um problema que atinge cerca de 45 milhões (19,5%) dos 230 milhões de hectares da área irrigada no mundo, como mencionam Pedrotti et al. (2015). Nessas áreas, a produção agrícola é severamente limitada pelo excesso de sais, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2011).

Numa avaliação qualitativa, ao passo que aumenta a concentração de sais e, conseqüentemente, sua condutividade elétrica, as águas podem ser divididas em quatro classes de salinidade C₁, C₂, C₃ e C₄ (Tabela 1) com os limites determinados por Richards (1954), Pizarro (1985) e Ayers e Westcot (1999) com as seguintes interpretações:

Tabela 1. Classificação da água para irrigação quanto ao risco de salinidade.

Classe de Salinidade	USSL ¹	UCCC ²	Risco de Salinidade	Ayers e Westcot (1999) ³	Problema de Salinidade
 CEa (dS.m ⁻¹)		CEa (dS.m ⁻¹)	
C ₁	< 0,25	< 0,75	Baixo	< 0,7	Nenhum
C ₂	0,25 - 0,75	0,75 - 1,50	Médio	0,7 - 3,0	Moderado
C ₃	0,75 - 2,25	1,50 - 3,00	Alto	> 3,0	Severo
C ₄	> 2,25	> 3,00	Muito alto		-

¹Classificação proposta por: United States Salinity Laboratory - USSL (Richards, 1954); ²UCCC - University of California Committee of Consultants (Pizarro, 1985); ³Ayers e Westcot (1999).

A classificação da água fundamentada nas classes C₁, C₂, C₃ e C₄, conforme definidos por Richards (1954), Pizarro (1985) e Ayers e Westcot (1999), em atendimento aos valores de salinidade estimados pela CEa, vem a elucidar as diferentes qualidades de água para irrigação, a partir do seu enquadramento em classes, como as contidas na Tabela 1, o que permite inferir sobre os efeitos da água no solo quando empregada na irrigação, segundo as seguintes interpretações:

- C₁ - Água de baixa salinidade. Pode ser usada para irrigação da maioria das culturas, em quase todos os tipos de solos, com muito pouca probabilidade de que se desenvolvam problemas de salinidade.
- C₂ - Água de média salinidade. Pode ser usada sempre e quando houver uma lixiviação moderada de sais. Em quase todos os casos permitem o cultivo de plantas moderadamente tolerante aos sais, sem necessidade de práticas especiais de controle de salinidade.
- C₃ - Água de alta salinidade. Não pode ser usada em solos com drenagem deficiente. Mesmo com drenagem adequada podem ser necessárias práticas especiais de controle da salinidade, devendo, portanto, ser utilizada na irrigação de espécies vegetais de alta tolerância aos sais. Os riscos apresentados por esta classe de água podem ser amenizados quando do emprego do método de irrigação localizada mantendo o solo continuamente úmido.
- C₄ - Água de muito alta salinidade. Não é apropriada para irrigação sob condições normais, porém pode ser usada ocasionalmente, em circunstâncias muito especiais. Os solos devem ser permeáveis, a drenagem adequada, devendo ser aplicada água em excesso para se obter uma boa lixiviação de sais e, mesmo assim devem ser explorados com culturas altamente tolerantes aos sais.

3.2.2.2. Quanto ao risco de sodicidade

A sodicidade se refere ao conteúdo de Na⁺ na água de irrigação. Seu uso como parâmetro de qualidade ocorre devido ao efeito propiciado sobre a permeabilidade do solo, à nutrição e a toxicidade às plantas (ALMEIDA, 2010). Como medida dos riscos de sodicidade, Holanda e Amorim (1992) comprovaram que valores elevados de percentual de sódio trocável (PST) favorecem a dispersão de partículas com conseqüente redução da capacidade de infiltração de água no solo. Devido ao efeito flocculante dos sais solúveis presentes na solução do solo.

De acordo com Andrade Júnior et al. (2006) a RAS da água de irrigação pode ser utilizada como medida do risco de sodicidade, desde que correlacionada com a RAS do solo, uma vez atingido o equilíbrio dinâmico. Entretanto, para classificação da água de irrigação Ayers e Westcot (1985) recomendam considerar os efeitos combinados da salinidade (expressa como condutividade elétrica, CE) e da sodicidade (expressa como Relação de Adsorção de Sódio - RAS) sobre a estabilidade estrutural dos solos, visto que esta expressa a relação entre as concentrações dos íons

Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , que compõem os sais de maior influência nas condições de infiltração da água no solo.

Quem primeiro introduziu o conceito de RAS para classificar a água de irrigação foi RICHARDS (1954), o qual passou a ser usado e conhecido internacionalmente pelo seu próprio nome. Recentemente, o risco de sodicidade passou a ser avaliada com mais segurança relacionando a RAS corrigida (RAS°) com a salinidade da água para classificar a água de irrigação (MAIA et al., 1998). Estimada pela seguinte equação:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^\circ + \text{Mg})}{2}}}$$

Sendo:

Na^+ - conteúdo de sódio na água, em $\text{mmol}_e\text{L}^{-1}$;

Ca° – conteúdo de cálcio na água, corrigida pela relação HCO_3^-/Ca ($\text{mmol}_e\text{L}^{-1}$) e CEa ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), de acordo com a tabela 2;

Mg^{++} - concentração de Magnésio na água, em $\text{mmol}_e\text{L}^{-1}$.

A RAS° facilita o entendimento das alterações que ocorrem com o Ca na água do solo dada à dissolução dos carbonatos e silicatos (MELO et al., 2007). Pois, águas ricas em bicarbonatos há uma tendência de precipitação, principalmente do Ca, em forma de carbonato, à medida que a solução do solo se torna mais concentrada, aumentando o risco de sodicidade (HOLANDA e AMORIM, 1997). Admitindo-se, para tanto, que a concentração inicial de Ca na solução do solo pode ser maior ou menor do que a sua concentração da água de irrigação, logo, ao ocorrer precipitação, a concentração final de Ca na solução do solo será menor do que a da água de irrigação, o que poderá aumentar a quantidade de sódio trocável, como relatam Silva et al. (2011).

Conforme procedimento sugerido por Suarez (1981), a RAS° é possibilita melhorias na capacidade de prognosticar a RAS tradicional, fundamentando-se na concentração de Ca em equilíbrio (Ca°), representado pelo conteúdo de Ca da água de irrigação corrigido pela salinidade da água (CEa) para o teor de HCO_3^- em relação ao seu próprio teor Ca (HCO_3^-/Ca). Neste contexto, Ayers e Westcot (1999) sugerem a utilização da RAS° , facilitando, então, a tabulação dos valores de Ca° em função da CEa e da relação HCO_3^-/Ca . Conforme valores constantes na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração de Ca^0 (mmol L^{-1}) resultante da condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e da relação $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{++}$

HCO ₃ /Ca da água	Salinidade da Água de Irrigação - CEa											
	dS.m ⁻¹											
	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1	1,5	2	3	4	6	8
0,05	13,20	13,61	13,92	14,40	14,79	15,26	15,91	16,43	17,28	17,97	19,07	19,94
0,10	8,31	8,57	8,77	9,07	9,31	9,62	10,02	10,35	10,89	11,32	12,01	12,56
0,15	6,34	6,54	6,69	6,92	7,11	7,34	7,65	7,90	8,31	8,64	9,17	9,58
0,20	5,24	5,40	5,52	5,71	5,87	6,06	6,31	6,52	6,86	7,13	7,57	7,91
0,25	4,51	4,65	4,76	4,92	5,06	5,22	5,44	5,62	5,91	6,15	6,52	6,82
0,30	4,00	4,12	4,21	4,36	4,48	4,62	4,82	4,98	5,24	5,44	5,77	6,04
0,35	3,61	3,72	3,80	3,94	4,04	4,17	4,35	4,49	4,72	4,91	5,21	5,45
0,40	3,30	3,40	3,48	3,60	3,70	3,82	3,98	4,11	4,32	4,49	4,77	4,98
0,45	3,05	3,14	3,22	3,33	3,42	3,53	3,68	3,80	4,00	4,15	4,41	4,61
0,50	2,84	2,93	3,00	3,10	3,19	3,29	3,43	3,54	3,72	3,87	4,11	4,30
0,75	2,17	2,24	2,29	2,37	2,43	2,51	2,62	2,70	2,84	2,95	3,14	3,28
1,00	1,79	1,85	1,89	1,96	2,01	2,09	2,16	2,23	2,35	2,44	2,59	2,71
1,25	1,54	1,59	1,63	1,68	1,73	1,78	1,86	1,92	2,02	2,10	2,23	2,33
1,50	1,37	1,41	1,44	1,49	1,53	1,58	1,65	1,70	1,79	1,86	1,97	2,07
1,75	1,23	1,27	1,30	1,35	1,38	1,43	1,49	1,54	1,62	1,68	1,78	1,86
2,00	1,13	1,16	1,19	1,23	1,26	1,31	1,36	1,40	1,48	1,54	1,63	1,70
2,25	1,04	1,06	1,10	1,14	1,17	1,21	1,26	1,30	1,37	1,42	1,51	1,58
2,50	0,97	1,00	1,02	1,06	1,09	1,12	1,17	1,21	1,27	1,32	1,40	1,47
3,00	0,85	0,89	0,91	0,94	0,96	1,00	1,04	1,07	1,13	1,17	1,24	1,30
3,50	0,78	0,80	0,82	0,85	0,87	0,90	0,94	0,97	1,02	1,06	1,12	1,17
4,00	0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	0,82	0,86	0,88	0,93	0,97	1,03	1,07
4,50	0,66	0,68	0,69	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,95	0,99
5,00	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,80	0,83	0,88	0,93
7,00	0,49	0,50	0,52	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74
10,00	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,45	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58
20,00	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37
30,00	0,18	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,27	0,28

Fonte: Suarez (1981)

Assim, ainda de acordo com Suarez (1981), o teor de Ca^0 na água de irrigação é estimado, inicialmente, pela razão HCO_3/Ca ($\text{mmol}_c.\text{L}^{-1}$); o valor obtido, é enquadrado na coluna contendo a relação (HCO_3/Ca) da Tabela 2, encontrando-se uma razão aproximada. Posteriormente, encontrando-se uma CEa aproximada, a partir dos valores pré-estabelecidos na referida tabela; para as situações em que os valores da relação (HCO_3/Ca) e da CEa não se aproximarem daqueles listados na tabela 2, deve-se fazer extrapolação a partir de dois valores próximos, obtendo-se, assim, um valor médio. Feito isto, o valor de Ca^0 pode ser definido coincidindo o valor da CEa aproximada com a razão HCO_3/Ca aproximada. Uma vez conhecido o valor de cálcio em equilíbrio (Ca^0) é, então, calculada a RAS corrigida (RAS^0).

A classificação das águas de irrigação com respeito a RAS se baseia essencialmente no efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo causando problemas de infiltração pela redução da permeabilidade (MELO et al., 2007). Tomando por base valores limites da RAS, em

função da CEa, Richards (1954) introduziu esse conceito em um sistema de classificação de águas para irrigação, com as seguintes interpretações:

- S1 ($RAS < 18,87 - 4,44 \cdot \log CEa$) - água de baixa sodicidade ou com baixa concentração de sódio. Podem ser usados para irrigação na maioria dos solos, com pouca probabilidade de se atingir níveis perigosos de sódio trocável.
- S2 ($18,87 - 4,44 \cdot \log CEa < RAS < 31,31 - 6,66 \cdot \log CEa$) - água de sodicidade média ou com média concentração de sódio. Em solos de textura fina (argilosos) o sódio dessa classe de água representa um perigo considerável de dispersão com redução de permeabilidade. Por outro lado, essas águas podem ser usadas em solos de textura grossa (arenosos) ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.
- S3 ($31,31 - 6,66 \cdot \log CEa < RAS < 43,75 - 8,87 \cdot \log CEa$) - água de alta sodicidade ou com alta concentração de sódio. Pode produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maioria dos solos, necessitando de práticas especiais de manejo: boa drenagem, alta lixiviação e adição de condicionadores químicos ou orgânicos.
- S4 ($RAS > 43,75 - 8,87 \cdot \log CEa$) - água de muito alta sodicidade ou de muito alta concentração de sódio. É uma classe inadequada para irrigação exceto quando sua salinidade é baixa ou média.

3.2.2.3. Classes de água quanto ao risco de toxicidade

Embora a salinidade e sodicidade sejam os parâmetros mais empregado na avaliação da qualidade da água para irrigação (RIBEIRO et al., 2005). A toxicidade de íons específicos constitui, segundo Barroso et al. (2011), um dos parâmetros fundamentais para a determinação da qualidade agrônômica da água de irrigação. Neste contexto, os íons Cl^- , Na^+ e B , quando presentes em concentrações elevadas na água, podem causar danos às culturas, com consequente perda de produtividade (MELO et al., 2007). Em elevadas concentrações estes íons podem provocar redução na altura e na área foliar das plantas, devido às alterações no processo fotossintético (BOHRA e DOERFFLING, 1993), na respiração (SCHWARZ e GALE, 1981), na transpiração (RICHARDS, 1992) e na translocação de fotoassimilados (BHIVARE e CHAVAN, 1987), além de desbalanço hídrico e/ou iônico no interior da planta (GREENWAY e MUNNS, 1980). Provocando o fechamento dos estômatos em resposta ao baixo potencial da água do solo, decorrente de elevada concentração salina (AKITA e CABUSLAY, 1990). Tal como, os efeitos tóxicos decorrentes dos íons Na^+ e Cl^- .

Especificamente para o Cl^- , Antas e Morais (2011) destacam que este íon não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, no qual se desloca facilmente com a água, porém é absorvido

pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. E se sua concentração excede a tolerância da planta, ocorrem danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas. Para Ayers e Westcot (1999), a toxicidade mais frequente é aquela provocada pelo Cl^- presente na água de irrigação. No entanto, a magnitude do dano depende, além da concentração do íon, do tempo de exposição, da sensibilidade das plantas, do uso da água pelas culturas e do tipo de irrigação (MAAS, 1985). Sendo este fato agravado, ainda mais, nas regiões de clima mais quente, onde as condições ambientais favorecem à alta transpiração (PAULA et al., 2005). Neste contexto, foram definidas três classes de risco quanto a toxicidade das plantas conforme metodologia adaptada de Ayers e Westcot (1999) designadas de T₁, T₂ e T₃ (Tabela 3).

Tabela 3. Concentrações de íons em água e riscos de toxicidade às plantas correspondentes.

Íon	Unidade	Classes de toxicidade da água ¹		
		Nenhum (T1)	Moderado (T2)	Severo (T3)
Na ⁺ ou Cl ⁻	mmol _e L ⁻¹			
Irrigação por superfície	-	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	-	< 3,0	> 3,0	-
B	mg L ⁻¹	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3,0

¹Adaptado de Ayers; Westcot (1991); ²Simbologia (T) não remete à classificação proposta pelo autor, sendo esta, aqui inserida, apenas para sintetizar a descrição da classe.

O primeiro sintoma de toxicidade deste íon, evidenciado nas plantas, é a queima do ápice das folhas que, em estágios avançados, atinge as bordas e promove sua queda prematura nas culturas sensíveis. A toxicidade do sódio é mais difícil de diagnosticar que a do cloreto, porém tem sido identificada claramente como resultado de alta proporção de sódio na água. Ao contrário dos sintomas de toxicidade do cloreto, que têm início no ápice das folhas, os sintomas típicos do sódio aparecem em forma de queimaduras ou necrose, ao longo das bordas. As concentrações de sódio nas folhas alcançam níveis tóxicos após vários dias ou semanas e os sintomas aparecem, de início, nas folhas mais velhas e em suas bordas e, à medida em que o problema se intensifica, a necrose se espalha progressivamente na área internerval, até o centro das folhas (DIAS et al., 2003). Os efeitos secundários da salinidade incluem efeitos osmóticos e deficiência de nutrientes induzida pela competição do Na⁺ e do Cl⁻ com os demais nutrientes minerais durante o processo de absorção (LEVITT, 1980).

3.3. Fertirrigação em bananeira

A fertirrigação pode ser entendida como a técnica de aplicação de fertilizantes por meio da irrigação. Onde é possível otimizar o uso de insumos agrícolas aumentando a eficiência da adubação, por meio do fracionamento das doses recomendadas de acordo com a demanda nutricional da cultura (MELO et al., 2009).

Há anos essa técnica vem sendo utilizada por agricultores dos Estados Unidos, Israel e Itália, tornando-se de uso generalizado nesses países com o desenvolvimento de sistemas de irrigação modernos. No Brasil, o emprego da fertirrigação é recente, e em geral é mais adotada pelos produtores que utilizam irrigação localizada. Essa técnica ajusta-se bem à fertilização da bananeira, que é exigente em nutrientes, com maior expressão para potássio e nitrogênio (SOTO BALLESTERO, 1992; BORGES et al., 1997; GOMES e NÓBREGA, 2000).

No caso do potássio, Teixeira et al. (2011) relatam que a sua disponibilidade é largamente determinada pelas condições de difusão e de fluxo de massa no solo, que, por sua vez, são funções do seu conteúdo de água. Já o nitrogênio, devido à grande suscetibilidade às condições ambientais e ao papel que ele desempenha no aumento e na queda de produção, é um elemento que apresenta as maiores dificuldades de manejo. Contudo, a utilização desses nutrientes requer aperfeiçoamento nas técnicas de manejo da aplicação, de modo que os produtores possam obter o máximo de benefício econômico ao utilizar esses fertilizantes (ALVES et al., 2010).

Neste sentido, Teixeira et al. (2011) afirmam que na agricultura intensiva, a irrigação e a adubação são condições essenciais. E a interação existente entre esses fatores faz a resposta das culturas à aplicação de fertilizantes ser alterada pelo regime hídrico do solo. Já para Teixeira et al. (2007) as vantagens da fertirrigação decorrem da aplicação regular de fertilizantes, fazendo com que a disponibilidade dos nutrientes se mantenha constante ao longo do ciclo da cultura, uma vez que os fertilizantes são aplicados nos locais de maior absorção e prontamente acessíveis às plantas e que perdas gasosas ou por escorrimento superficial são minimizadas com a fertirrigação.

3.4. Diagnóstico do estado nutricional

A produção das culturas pode ser diretamente influenciada pela eficiência nutricional, que por sua vez, está relacionada às eficiências de absorção e utilização dos nutrientes pela planta (SILVA et al., 2014). Sendo a absorção indicada pela capacidade da planta em extrair nutrientes do meio. Para suprir as necessidades de seu metabolismo, que compreende os processos pelos quais estes nutrientes serão utilizados para seu crescimento e manutenção (EPSTEIN e BLOOM,

2006). Salienta-se que as espécies vegetais distintas possuem mecanismos que se relacionam à eficiência de absorção dos nutrientes também diferenciados. Enquanto algumas podem produzir extenso sistema radicular, outras têm alta taxa de absorção por unidade de comprimento de raiz, ou seja, alto influxo de nutrientes (LYNCH e HO, 2005).

Um importante método de monitoramento do estado nutricional das culturas é a análise foliar, que em geral se utilizada em complemento as informações fornecidas pela análise de solo (LOPES e CARVALHO, 1991). Constitui uma ferramenta útil para a correção das deficiências e desequilíbrios nutricionais das plantas (BALDOCK e SCHULTE, 1996), otimização da produção das culturas (WALWORTH et al., 1988) e obtenção de uso eficiente dos fertilizantes.

A importância de se utilizar a folha para se investigar os conteúdos nutricionais no tecido vegetal tem como objetivo diagnosticar o estado nutricional das culturas pois esta reflete melhor esta condição, devido os processos fisiológicos mais importantes das plantas ocorrerem nas folhas (FONTES, 2001). Bataglia e Santos (2001) argumentam que a análise das plantas está fundamentada na determinação da concentração dos elementos ou das suas frações solúveis contidas em uma amostra de tecido vegetal representada em um dado tempo e estágio de desenvolvimento da cultura.

Entretanto, é preciso considerar fatores como solo, planta, clima, práticas culturais, pragas, doenças e interações entre nutrientes, assim como e níveis destes encontrados no solo, pois, segundo Malavolta (2006) tais fatores podem influenciar o teor foliar de nutrientes. Neste contexto, Oliveira e Takamatsu (2004) têm a análise foliar como uma prática importante, que auxilia na tomada de decisão para a escolha das medidas corretivas mais apropriadas para assegurar uma nutrição adequada. Tendo em vista que, de acordo com Partelli et al. (2006) a utilização racional de insumos pode ser compreendida por meio da correta interpretação dos resultados de análises foliares, devido a geração de informações necessárias à sua aplicabilidade, associando o equilíbrio nutricional das plantas ao aumento na produtividade.

Tradicionalmente, a interpretação dos resultados das análises foliares de bananeiras têm sido realizadas mediante a utilização de métodos univariados, como nível crítico - NC e faixa de suficiência - FS (SILVA e CARVALHO, 2005). Porém, ao se considerar os nutrientes individualmente, nem sempre seus teores que se encontrem igual ou acima do nível crítico estão associados à alta produtividade ou valores abaixo rementem à baixa produtividade, sendo, assim, mais adequado a utilização das relações entre nutrientes (DUMAS e MARTIN-PRÉVEL, 1958).

Neste contexto, para que a diagnose foliar seja empregada com sucesso, Martinez et al. (1999) mencionam a necessidade da aplicabilidade de três etapas fundamentais: a primeira refere-se ao preparo das amostras foliares e análise química destas; em um segundo momento, tem-se a

obtenção de padrões de referência e a terceira à interpretação dos resultados obtidos. Ressalta-se que dentro desta terceira etapa, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), idealizado por Beaufils (1973), é um método que vem tendo destaque entre as metodologias existentes para interpretar a análise de tecidos vegetais (SILVA et al., 2007). Visto que, possui vantagens sobre aqueles univariados, uma vez que são consideradas as relações entre nutrientes e suas possíveis interações; e quanto maior o número de nutrientes analisados maior será o ganho na avaliação (HOLLAND, 1966).

Assim, dentre as várias metodologias existentes atualmente, capazes de avaliar o estado nutricional das plantas, tem-se o DRIS, como alternativa científica viável, capaz de inferir respostas rápidas e práticas durante o desenvolvimento das culturas (CRESTE, 2008). Pois trata-se de um método de diagnose do estado nutricional de plantas, pelo qual os nutrientes não são considerados pelos seus teores individuais (análises univariadas) mas sim, pelas relações binárias (análises bivariadas). Assim, o cálculo de índices para cada nutriente, avaliados em função das razões dos teores de cada elemento com os demais, comparando-os dois a dois, com outras relações consideradas padrões (SERRA, et al., 2010). Proporciona, a partir dessa técnica, maior segurança às interpretações individuais dos nutrientes (ROCHA et al., 2007).

O desenvolvimento do sistema DRIS foi realizado a partir de critérios para separar nutrientes limitantes daqueles não limitantes (WADT, 2004), assim como para identificar relações nutricionais úteis ao diagnóstico (JONES, 1981; WADT et al., 1999). Este método não indica se determinado nutriente encontra-se em concentração de toxicidade ou deficiência, mas qual o nutriente mais limitante e a ordem de limitação dos nutrientes, por meio de índices DRIS. Índices DRIS negativos indicam deficiência de um elemento em relação aos demais ao passo que índices DRIS positivos indicam o excesso. Entretanto, a otimização de novas funções DRIS representa importante alternativa para modelar respostas biológicas das culturas às variações na disponibilidade de nutrientes (WADT et al., 2007).

Para a determinação dos índices DRIS é preciso, inicialmente, se estabelecer valores padrão ou normas de referência, por meio da seleção de uma população com características desejáveis, a qual constituirá, por conseguinte, a população de referência, partindo-se da premissa de que existe relação significativa entre o suprimento de nutrientes e seus teores na planta, de modo que aumentos ou decréscimos em suas concentrações proporcionam variação na produção (NACHTIGALL e DECHEN, 2010).

Quando os valores dos índices DRIS se aproximam do zero, há uma proximidade das relações duais das amostras com as referidas normas DRIS; com isso, infere-se que, quanto mais próximo de zero o índice, maior será o equilíbrio nutricional (SERRA et al., 2010). Com base

nesse princípio, trabalhos que contemplam o DRIS em fruteiras têm sido realizados para propor o relacionamento entre índices DRIS e teores de nutrientes no tecido vegetal e citam-se: goiabeira (HUNDAL et al., 2007) citros (MOURÃO FILHO, 2005; SANTANA et al., 2008), uva (TERRA et al., 2007); maçã (NACHTIGALL e DECHEN, 2007); cupuaçu (DIAS et al., 2010); coqueiro-anão (SANTOS et al., 2004); manga (POLITI et al., 2013), e para bananeira cita-se os trabalhos de Teixeira et al. (2007) e Rodríguez et al. (2005) visando detectar respostas das plantas aos vários tipos de manejo, possibilitando melhoria na interpretação dos teores foliares e as relações entre nutrientes na planta.

3.5. Características físico-química de frutos

Sabe-se, que a caracterização agrônômica dos frutos, em seus aspectos físicos e químicos, pode ser entendida como uma ferramenta de grande importância que auxilia na busca pela otimização dos recursos naturais utilizados no desenvolvimento e manejo da cultura no campo. No entanto, a geração de conhecimentos que tenham validade e comprovação local que assegure melhorias tecnológicas para cada situação de cultivo é imprescindível (COSTA et al. 2012). Para que isso ocorra, uma série de características deve ser considerada em diferentes condições edafoclimáticas, tais como: peso do cacho; peso de pencas; peso médio de frutos; número de pencas; número de frutos por cacho; comprimento e diâmetro dos frutos (SILVA et al., 1999).

Até então, os cultivares existentes possuem toda uma caracterização agrônômica, contudo, as informações intrínsecas às características físico-químicas de seus frutos são ainda muito incipientes (SOUZA, et al., 2013). Dentre os diversos parâmetros químicos, utilizados para caracterização da qualidade pós-colheita de frutos de banana estão o pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e acidez ou índice de maturação (IM) ou “ratio”, açúcares redutores, açúcares não-redutores, açúcares totais, substâncias pécicas e teor de amido (CHITARRA, 2000). Além destas características, Matsuura et al. (2004) mencionam ainda, que características internas perceptivas ao paladar como sabor, aroma e textura, combinadas com a aparência do produto, são determinantes para aceitação dos frutos pelo consumidor, sendo que alguns destes atributos estão relacionados a algumas características intrínsecas dos frutos.

No entanto o conhecimento da quantidade de nutrientes exportado pela colheita, em conjunto com o total absorvidos é, segundo Silva et al. (2001), primordial para o adequado manejo nutricional da bananeira. Ao estudarem a extração de macronutrientes por cultivares de bananeira no município de Nazaré - BA, Borges e Silva (1995), observaram que em ordem decrescente a exportação de macronutrientes pelos frutos foi $K > N > Mg > Ca = P$. Concluindo, em seguida,

que aproximadamente, 49% do N, 54% do P, 38% do K, 21% do Mg e 10% do Ca, absorvidos pelas plantas, foram exportados pelos frutos.

Segundo Gallo et al. (1972) é exportado do solo, por tonelada de fruto produzido pela cv. Nanicão 1,9 kg de N, 0,22 kg de P, 8,2 kg de K, 0,27 kg de Ca e 0,28 kg de Mg. Para Borges e Silva (1995) e Neves et al. (1991), a cultivar Pacovan exporta do solo, por tonelada de frutos produzidos, 1,8 e 1,9 kg de N, 0,24 e 0,30 kg de P, 3,6 e 5,9 kg de K, 0,18 e 0,38 kg de Ca e 0,34 e 0,36 kg de Mg, respectivamente. Segundo Borges e Silva (1995), estas quantidades observadas podem variar com as massas vegetativas e cachos produzidos, teores de nutrientes encontrados no solo, adubação utilizada, condições ambientais e exigência da cultura. Soto Balestero (1992) argumentam que este comportamento verificado pela cultura está, em grande parte, associado ao seu potencial produtivo, da densidade populacional, do esta do fitossanitário e, principalmente, do balanço entre os elementos no solo, além do sistema radicular que interferirá na absorção dos nutrientes.

Assim, o conhecimento das características intrínsecas à absorção e exportação de nutrientes pela cultura servirão para melhor compreensão do balanço de nutrientes no sistema solo-planta e, posteriormente, para aplicação em programas de adubações futuros, mais eficazes, e que efetivamente, atenda as exigências nutricionais da bananeira. Para desse modo, conforme Silva et al. (1999) se obter auxílio em programas de melhoramento genético da cultura, por meio da identificação de características agrônômicas cada vez mais desejáveis como: porte, resistência a pragas e qualidade dos frutos.

4. REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL, Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira - 2008. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2009. p. 196-203.
- AKITA, S.; CABUSLAY, G. S. Physiological basis of differential response to salinity in rice cultivars. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.123, p.277-294, 1990.
- ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e fruticultura, 2010.
- ALVES, E. J. A cultura da bananeira: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 585 p. p.90-91.
- ALVES, M. S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; ANDRADE NETO, T. M. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e uréia. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 57, n.1, p. 125-131, jan/fev, 2010.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, Ê. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- ANDRADE, F. W. R.; AMORIM, E. P. R.; ELOY, A. P.; RUFINO, M. J. Ocorrência de Doenças em Bananeiras no Estado de Alagoas. *Summa Phytopathol. Botucatu*, v.35, n.4, p.305-309, 2009.
- ANTAS, F. P. S.; MORAIS, E. R. C. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Rio Açú- RN. *Holos*, Ano 27, Vol 4, 2011.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2008. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, p 135-137, 2008.
- AYERS, R. S. e WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F.; Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura: estudos, irrigação e drenagem Manual FAO 29. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1).
- BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.
- BARROSO, A. de A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. de O.; PALÁCIO, H. A. de Q.; LIMA, C. A. de. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.6, p.588-593, 2011.
- BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Diagnose foliar: estado nutricional de plantas perenes, avaliação e monitoramento. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 96, dez. 2001.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, Soil Science. 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: UFV, 2008. 596 p.

- BHIVARE, V. N.; CHAVAN, P. D. Effects of salinity on translocation of assimilates in french bean. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.102, p.295-297, 1987.
- BOHRA, J. S.; DOERFFLING, K. Potassium nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) varieties under NaCl salinity. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.152, p.299-303, 1993.
- BORGES, A. L. O cultivo da banana. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. 109p. (Circular Técnica, 27).
- BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M.; FRANCELLI, M.; SOUZA, L. S.; SILVA, S. O.; COELHO, E. F.; LIMA, M. B.; MEDINA, V. M.; RITZINGER, C. H. S. P.; FOLEGATTI, M. I. S.; SOUZA, A. S.; MESQUITA, A. L. M.; CARVALHO, J. E. B.; TRINDADE, A. V.; ALMEIDA, C. O.; MATOS, A. P.; MEISSNER FILHO, P. E.; FREIRE, F. C. O.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MOSCA, J. L.; CARVALHO, A. C. P. P. Cultivo da banana para o Agropólo Jaguaribe-Apodi, Ceará. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Sistemas de Produção, 5).
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. Banana produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47– 59 (Série Frutas do Brasil, 1).
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação da bananeira. In: ALVES, E.J., Cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1999, p.197-254.
- BORGES, A.L.; SILVA, S.O. Extração de macronutrientes por cultivares de banana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 17:57-66, 1995.
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. Manual de Fisiologia Vegetal: fisiologia dos cultivos – Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 864p. 2008.
- CHITARRA, M. I. F. Tecnologia e qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 68 p.
- COELHO, E. F.; COSTA, E. L.; TEXEIRA, A. H. C. Irrigação da bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003.32 p. (Circular Técnica, 54).
- CORDEIRO, Z. J. M.; BORGES, A. L. FANCELLI, M. Cultivo da banana para o estado do Amazonas. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura 2003. Sistema de produção, 6 (versão eletrônica). Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 20 de julho de 2016.
- COSTA, F. S., SUASSUNA, J. F., MELO, A. S., BRITO, M. E. B., MESQUITA, E. F. Crescimento, produtividade e eficiência no uso da água em bananeira irrigada no semiárido paraibano. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 25, n. 4, p. 26-33, out-dez., 2012.
- COSTA, S. C. Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da chapada do Apodi-CE. Viçosa-MG, 2009. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal De Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- CRESTE, J. E. Perspectivas do DRIS em culturas de alta produtividade. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. Nutrição de plantas aplicada a sistemas de alta produtividade. Jaboticabal: Capes/Fundunesp, 2008. p. 83-104.
- DIAS, J. R. M.; PEREZ, D. V.; SILVA, L. M.; LEMOS, C. O.; WADT, P. G. S. Normas DRIS para cupuaçuzeiro cultivado em monocultivo e em sistemas agroflorestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, p. 64-71, 2010.

- DIAS, N. S. GHEYI, H. R. DARTE, S. N. Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Engenharia Rural, 2003. 118p. (Série Didática 3).
- DUMAS, J.; MARTIN-PRÉVEL, P. Controle de nutrition des bananeiraies en Guinée (premiers résultats). Fruits, Paris, v. 13, n. 9/10, p. 375-386, Sept./Oct. 1958.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. 2ª ed. Londrina: Planta, 2006. 392p.
- FAOSTAT – comercio: bananas. 2007. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567.aspx?PageID=535&lang=es>>. Acesso em: 19 de julho de 2015.
- FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza-CE: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. 412 p: il.
- FIORAVANÇO, J. C. Mercado mundial da banana: produção, comércio e participação brasileira. Informações Econômicas, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 15-27, out. 2007.
- FONTES, P. C. R. Diagnóstico do estado nutricional das plantas. Viçosa: UFV, 2001. 122p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Roma: FAO. 50p.
- GALLO, J. R.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; RAMOS, M. T. B.; MOREIRA, R. S. Composição química inorgânica da bananeira (*musa acuminata* Simmonds, cultivar Nanicão). Ciência e Cultura, 24:70-79, 1972.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. Manejo Integrado de Doenças da Bananeira. 1ª ed. rev. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 6p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Circular Técnica,19). Dezembro, 2003.
- GOMES, J. A.; NÓBREGA, A. C. Comportamento de cultivares e híbridos de bananeira na região produtora do Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.22, n.1, p.11- 3, 2000.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, v.31, p.149-190, 1980.
- HOLANDA, J. S., AMORIM, J. R. A., 1992. Qualidade da água para irrigação. EMPARN/ EMBRAPA, Natal, RN.
- HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande:UFPB, 1997. p. 137-169.
- HOLLAND, D. A. The interpretation of leaf analyses. Journal of Horticultural Science, v. 41, p. 311-329, 1966.
- HUNDAL, H. S.; SINGH, D.; SINGH, K. Trees in Punjab, northwest India through the diagnostic and recommendation integrated system approach. Communication in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 38, p. 2.117-2.130, 2007.
- IBGE. Estatística agricultura. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 julho de 2010.
- INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. Field Crops Research, Amsterdam, v. 92, n. 2-3, p. 185-202, 2005.
- JONES, A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. Communication in Soil Science Plant Analysis, v.12, p.785-794, 1981.

- LAHAV, E.; TURNER, D. Bananas nutrition. Bern: International Potash Institute, 1983. 62p. (Bulletin, 7).
- LEONEL, S.; DAMATTO JUNIOR, E. R.. Caracterização das áreas de cultivo da bananeira maçã na região de ribeirão do sul/sp. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 4, p. 958-965, jul./ago., 2007.
- LEVITT, J. Response of plants to environmental stress. New York: Academic Press, p.365-488, 1980.
- LIMA, V. L. A., Drenagem agrícola no manejo dos solos afetados por sais. In: Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: INCTSal. 369-381. 2010.
- LIMA, V. L. A. Reúso de Água para Irrigação em Zonas Áridas. In: Manejo e Sustentabilidade da Irrigação em Regiões Áridas e Semiáridas. UFRB, 2009. Cap 6 p. 145-162.
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. Revista Ciência Agronômica, v.30, p.167-172, 2008.
- LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. de. Técnicas de levantamento e diagnose da fertilidade do solo. In: OLIVEIRA, A. J. de; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D. de; LOURENÇO, S. (Coord.). Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 7-61. (EMBRAPA-SEA. Documentos, 3).
- LYNCH, J. P.; HO, M. D. Rhizoeconomics, carbon costs of phosphorus acquisition. Plant and Soil, The Hague, v. 269, n. 1-2, p. 45-56, 2005.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, M. Classificação da água de irrigação utilizando quatro metodologias de cálculo para a razão de adsorção de sódio - II. Região do baixo Açu, Rio Grande do Norte. Caatinga, Mossoró-RN, 11(1/2):47-52, dez. 1998.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. Sao Paulo: Agronomica Ceres, 2006.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reuso de água. 1.ed. São Paulo: Manole, 2003. 576p.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C. et al. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa: Cfseng, 1999. p. 143-168.
- MAAS, E. V. Crop tolerance to saline sprinkling water. Plant and Soil, Dordrecht., p.273-284, 1985.
- MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P.; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 26 (1):48-52, 2004.
- MEDEIROS, M. P.; PINHEIRO, A.; CRUZ, R. L.; SIMÕES, W. L. Comportamento do teor de água num solo cultivado com cana-de-açúcar irrigada com diferentes lâminas. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, p. 30-42, 2015.
- MELO, A. S.; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Crescimento, produção de biomassa e eficiência fotossintética da bananeira sob fertirrigação com nitrogênio e potássio. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 3, p. 417-426, jul-set, 2010.
- MELO, A. S.; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRA, L. F.; BRITO, E. B.; DANTAS, D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.
- MELO, J. G.; MEDEIROS, A. B.; VASCONCELOS, M. B.; CASTRO, V. L. L. Aspectos hidrogeológicos e classes de água do aquífero Cárstico Jandaíra para irrigação, Baraúna, RN. Águas Subterrâneas, v.21, n.1, p.9-21, 2007.

- MOREIRA, R. S. Banana Teoria e Prática de Cultivo. 2ª Edição, Fundação Cargill, São Paulo, 299p. 1999.
- MOREIRA, R. S. Banana: teoria e prática de cultivo. Fundação Cargill. Campinas, São Paulo, 335p. 1987.
- MOURÃO FILHO, F. A. A.; AZEVEDO, J. C. DRIS normas for 'Valência' sweet orange on three rootstocks. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, p. 85-93, 2005.
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS como método diagnóstico de nutrição mineral de plantas. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. Nutrição de plantas: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FCAV, FAPESP, 2010. p. 185-198.
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. DRIS norms evaluating the nutritional state of apple tree. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 64, p. 282-287, 2007.
- NEVES, R. L. L.; FERREYRA, F. F. H.; MACIEL, R. F. P.; FROTA, J. N. E. Extração de nutrientes em banana (*Musa sp* Pacovan), Ciência Agronômica, Fortaleza, v.22, p.115-120, 1991.
- OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB, 1997. p. 1-35.
- OLIVEIRA, R. F.; TAKAMATSU, J. A. Uso do DRIS para avaliação do estado nutricional da pimenteira-do-reino, em Tomé-Açu, PA. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4 p. (Comunicado Técnico 94).
- PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; MONNERAT, P. H.; VIANA, A. P. Estabelecimento de normas DRIS em cafeeiro conilon orgânico ou convencional no Estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 443-451, 2006.
- PAULA, V.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L. Qualidade de água usada na agricultura urbana na cidade do Recife. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.9, p.123-127, 2005.
- PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.
- PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. S.; FEITOSA FILHO, J. C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. Irriga, Botucatu, v.10, n.1, p.46-52, 2005.
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos. 2.ed. Madrid: Editorial Española S.A., 1985.
- POLITI, L. S.; FLORES, R. A.; SILVA, J. A. S.; WADT, P. G. S.; PINTO, P. A. C.; PRADO, R. M. Estado nutricional de mangueiras determinado pelos métodos DRIS e CND. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, p. 11-18, 2013.
- RAMALHO NETO, J. DE S., et al.: Qualidade da água utilizada em *Saccharum officinarum* no sertão paraibano: riscos ao sistema de irrigação e ao solo. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia. vol 9, nº 4, pg. 1 73-182, out/dez de 2012.
- RHOADES, J.D., KANDIAH, A., MASHAL, A.M. The use of saline water for crop production. Rome: FAO, 133p. (FAO:Irrigation and Drainage Paper, 48), 1992.
- RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, n.1, p.15-22, 2005.

- RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 29, p. 569-577, 2009.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, (Agriculture Handbook, 60). 1954. 160p.
- RICHARDS, R. A. Increasing salinity tolerance of grain crops: is it worthwhile? *Plant and Soil*, Dordrecht, v.146, p.89-98, 1992.
- ROBINSON, J. C., *Bananas e plantains*. Wallingford: CAB International, 1996. 238p.
- ROCHA, A. C.; LEANDRO, W. M.; ROCHA, A. O.; SANTANA, J. G.; ANDRADE, J. W. S. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de hidrolândia, go, brasil. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 50-60, Oct./Dec. 2007.
- RODRÍGUEZ, V.; SILVA, A.; RODRÍGUEZ, O. Balance nutricional y número de hojas como variables de predicción del rendimiento del plátano Hartón. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, p. 175-177, 2005.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.6, p.755-764, 2009.
- SANTANA, J. G.; LEANDRO, W. M.; NAVES, R. V.; CUNHA, P. R. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranjeira pêra, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 38, p. 109-117, 2008.
- SANTOS, A. L.; MONNERAT, P. H.; CARVALHO, A. J. C. Estabelecimento de normas DRIS para o diagnóstico do coqueiro-anão verde na região Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, p. 330-334, 2004.
- SANTOS, V. P.; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. prata-anã com N e K em um argissolo vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, n.2, p.567-573, 2009.
- SCHWARZ, M.; GALE, J. Maintenance respiration and carbon balance of plants at low levels of sodium chloride salinity. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.32, p.93-941, 1981.
- SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CAMACH, M. A. Determinação de faixas normais de nutrientes no algodoeiro pelos métodos ChM, CND e DRIS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 01, 2010.
- SILVA, L. V. B. D. Potencial de reuso agrícola e impactos da disposição no solo de efluentes sanitários tratados. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campus I, 2014. Campina Grande: Paraíba, 2014.
- SILVA, A. J. P. da. Variáveis de eficiência, manejo de irrigação e de produção da bananeira cultivar BRS Tropical sob diferentes sistemas de microaspersão e gotejamento. 2009. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Irrigação e Drenagem) - Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2009
- SILVA, E. B.; PINHO, P. J.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, M. G. V. Nível de suficiência de zinco para bananeira 'Prata Anã' por meio do DRIS. *Acta Sci. Agron.*, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2007.
- SILVA, J. L. A.; ALMEIDA, J. A. C. Reflexões Arqueológicas: estudo dos sítios arqueológicos do município de Queimadas/PB. Tarairiú - *Revista do Laboratório de Arqueologia e Paleontologia da UEPB*. Campina Grande, Ano II – n. 1, n. 02, Março de 2011.

- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.152-155, 2003.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. *Informe agropecuário*, 20:21-36, 1999.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; SOUTO, R. F.; COSTA, E. L.; DIAS, M. S. C. Levantamento do estado nutricional das bananeiras cv. Prata-Anã do Norte de Minas Gerais. Nova Porteirinha, EPAMIG/PADFIN, 2001. 30p.
- SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. *Ciência e agrotecnologia*. vol. 29, n. 4, pp. 731-739, 2005.
- SILVA, W. P.; ALMEIDA, C. D. G. C.; ROLIM, M. M. R.; SILVA, Ê. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, V. G. F. Monitoramento da salinidade de águas subterrâneas em várzea cultivada com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.18, n.4, p.394-401, 2014.
- SMEDEMA, L. K.; SHIATI, K. Irrigation and salinity: a perspective review of the salinity hazards of irrigation development in the arid zone. Kluwer Academic Publishers. Netherlands *Irrigation and Drainage Systems* 16: 161-174, 2002.
- SOTO BALLESTERO, M. Bananos; cultivo e comercialización. 2ª ed. San José: Litografía e Imprensa LIL, 1992. 674p.
- SOUSA, V. F.; VELOSO, M. E. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B.; ALBURQUERQUE JÚNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira Grand Naine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.9, p.865-869, 2004.
- SOUZA, J. S., TORRES FILHO, P. Aspectos socioeconômicos. In: ALVES, S.J. *A cultura da banana: aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais*. Brasília: EMBRAPASPI/Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. p.507-524.
- SOUZA, M. E.; LEONEL, S.; MARTINS, R. L.; SEGTOVIC, E. C. S. Caracterização físico-química e avaliação sensorial dos frutos de bananeira. *Nativa*, Sinop, v. 01, n. 01, p. 13-17, out./dez., 2013.
- SUAREZ, D. L. Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage Waters. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 45: 469-75, 1981.
- TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; BETTIOL NETO, J. E.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional-atributos químicos do solo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 1, p. 143-152, Abril 2007.
- TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A.; MELLIS, E. V. Ganhos de eficiência fertilizante em bananeira sob irrigação e fertirrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 272-278, Março 2011.
- TEIXEIRA, L. A. J.; ZAMBROSI, F. C. B.; BETTIOL NETO, J. E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, p. 613-620, 2007.
- TERRA, M. M.; GERGOLETTI, I. F.; PIRES, E. J. P.; BOTELHO, R. V.; SANTOS, W. R.; TECCHIO, M. A. Avaliação do estado nutricional da videira 'Itália' na região de São Miguel Arcanjo-SP, utilizando o sistema integrado de diagnose e recomendação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, p. 710-716, 2007.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOMÉ JÚNIOR, J. B.; PINTO, P. A. C.; MACHADO, P. L. O. A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.1, p.57-64, jan. 2007

WADT, P.G.S. Nutritional status of *Eucalyptus grandis* clones evaluated by critical level and DRIS methods. *Revista Árvore*, v.28, p.15-20, 2004.

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BRAGANÇA, S.M. Alternativas da aplicação do DRIS à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). *Scientia Agricola*, v.56, p.83-92, 1999.

WALWORTH, J. L.; WOODARD, H. J.; SUMNER, M. E. Generation of corn tissue norms from a small, high-yielding data base. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 19, n. 5, p. 563-577, 1988.

1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MUNICÍPIO DE QUEIMADAS E ÁREA DO ESTUDO

A seguir, pode ser evidenciado uma descrição geral do contexto ao qual se insere algumas informações gerais que caracterizam a pesquisa. Em que, além de informações específicas correspondentes aos aspectos que compõem o município de Queimadas-PB, ao qual foi desenvolvido os experimentos, pode, também, ser evidenciado neste capítulo, os procedimentos metodológicos fundamentais à realização e condução deste estudo. Similarmente, as demais informações correspondentes aos procedimentos metodológicos adotados para execução dos trabalhos são exclusivas de cada capítulo em análise, como descritos nos capítulos III, IV e V.

1.2. Localização geográfica e inserção regional do município de Queimadas - PB

O município possui uma extensão territorial de aproximadamente 409 km² e uma população de quase 40 mil habitantes; está localizado na mesorregião do Agreste Semiárido paraibano, sob as seguintes coordenadas geográficas 07° 21' 29" de latitude Sul e 35° 53' 53" de longitude Oeste, sendo uma das oito cidades pertencentes à Microrregião de Campina Grande. Encontra-se a aproximadamente 450 m acima do nível do mar e cerca de 117 km da capital João Pessoa e a 15 km da cidade de Campina Grande.

Está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, apresentando relevo predominantemente suave ondulado, vales estreitos, com vertentes dissecadas. Parte de sua área, a norte, encontra-se na unidade geoambiental do Planalto da Borborema. Sua vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia (MASCARENHAS et al., 2005).

Com respeito aos solos, estes mesmos autores citam que nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado, ocorrem os Planossolos, mal drenados, com fertilidade natural média e problemas de sais; nos Topos e Altas Vertentes estão os Luvissolos Crômicos Órticos típicos, rasos e com fertilidade natural alta; nos Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Argissolos Amarelos, bem drenados, com fertilidade natural média e nas Elevações Residuais encontram-se os Neossolos Litólicos, rasos, pedregosos e com fertilidade natural média.

1.3. O Rio Bodocongó

A Sub-bacia hidrográfica do Rio Bodocongó encontra-se na região Sudeste do Estado da Paraíba, abrange uma área de aproximadamente 981 Km², sendo parte integrante da Bacia do Rio Paraíba (CEBALLOS et al., 2001). Soares et al. (2001) destacam que o Rio Bodocongó percorre parte da zona semiárida do Estado, passando pelos municípios de Puxinanã, Campina Grande, Queimadas e Caturité; naturalmente, possui regime intermitente, contudo, no trecho a jusante do Açude de Bodocongó este tem o seu ciclo hidrológico natural alterado, principalmente, em consequência ao crescimento da demanda de água e produção de dejetos, não acompanhados pela implantação da infraestrutura necessária, havendo, assim, descargas de esgotos sanitários “in natura” provenientes da Estação de Tratamento de Esgotos - ETE do município de Campina Grande-PB.

Nos períodos de estiagem, os esgotos de Campina Grande chegam a representar a quase totalidade da sua vazão. Apesar da péssima qualidade de suas águas, o Rio Bodocongó é às vezes o único, recurso hídrico disponível para pequenos e médios agricultores estabelecidos longo do seu curso, os quais, desenvolvem irrigação irrestrita de diversas culturas (MAGALHAES et al., 2002). Motivo pelo qual faz-se necessários a adoção de investigações científicas de modo a gerar informações que efetivamente apontem a gravidade do problema e respaldem ações de controle e/ou proteção do meio edáfico e dos recursos hídricos nas áreas irrigadas.

2. ÁREA DO ESTUDO

Na Fazenda Ponta da Serra, Município de Queimadas - PB são explorados, comercialmente, aproximadamente 3,0 ha com bananeira cv. Pacovan, instalados em novembro de 2010 às margens do Rio Bodocongó. Nos últimos três anos que antecederam a instalação do

experimento, a área experimental foi cultivada com feijão e milho em sucessão, em sistema plantio convencional.

Anteriormente ao plantio das mudas, a área foi devidamente preparada por meio de aração, gradagem, marcação e confecção das covas com base no espaçamento adotado. Duas semanas antes do plantio, mediante resultados de análise química do solo, foram realizadas adubação de fundação misturando-se à parte do solo retirado em cada cova com 300 g de superfosfato simples (18% P_2O_5), 250 g de calcário dolomítico, 60g de micronutrientes na forma de Fritted Trace Elements - FTE (9% Zn; 1,8% B; 0,8% Cu; 2% Mn; 3,5% Fe e 0,1% Mo) e 10 litros de esterco bovino curtido. Essa mistura, por conseguinte foi novamente posta no interior das covas sem, no entanto, preenchê-las totalmente para se colocar o restante do solo retirado sobre o pseudocaule das mudas, por ocasião do plantio, evitando, assim, danos causados pela exposição direta da luz solar.

As mudas do tipo chifirão, medindo em média 1,30 m de altura, provenientes de plantios comerciais e livres de pragas e doenças foram dispostas diretamente nas covas de plantio com dimensões de 0,40 m de largura, 0,40 de comprimento e 0,40 m de profundidade, confeccionadas manualmente com utilização de cavador. Uma vez preparadas para o plantio, mediante a eliminação mecânica de tecidos necrosados do rizoma e de raízes velhas, as mudas foram posicionadas em pé no centro das covas adubadas, cobrindo por completo seu rizoma até região do colo, com o restante do solo removido por ocasião da abertura das covas, firmando-o bem ao redor da muda, evitando-se que os tecidos sejam danificados pela exposição direta da luz solar e irrigando em seguida. O plantio foi realizado em fileira dupla, com distâncias de 2,0 m entre plantas na linha; 2,0 m entre as linhas de plantas na fileira dupla e 4,0 m entre as fileiras duplas, inteirando uma densidade de 1666 plantas ha^{-1} .

2.1. Área experimental

O estudo foi conduzido em campo, sob condições normais de temperatura, fotoperíodo e umidade relativa do ar, no período de setembro de 2011 a março de 2013, na Fazenda Ponta da Serra, Município de Queimadas-PB, em área experimental de aproximadamente 0,5 há instalada em uma área comercial com aproximadamente 3,0 ha cultivada com bananeira cv. Pacovan às margens do Rio Bodocongó, estabelecida em novembro de 2010. A área experimental está locada a apenas 2,5 km à direita da rodovia PB-148, que liga a cidade de Queimadas a Boqueirão. Geograficamente encontra-se localizada entre os paralelos $07^{\circ} 22' 27,5''$ de latitude Sul e os meridianos $35^{\circ} 59' 51,7''$ de longitude Oeste, situado em altitude média de 416 m (Figura 1).

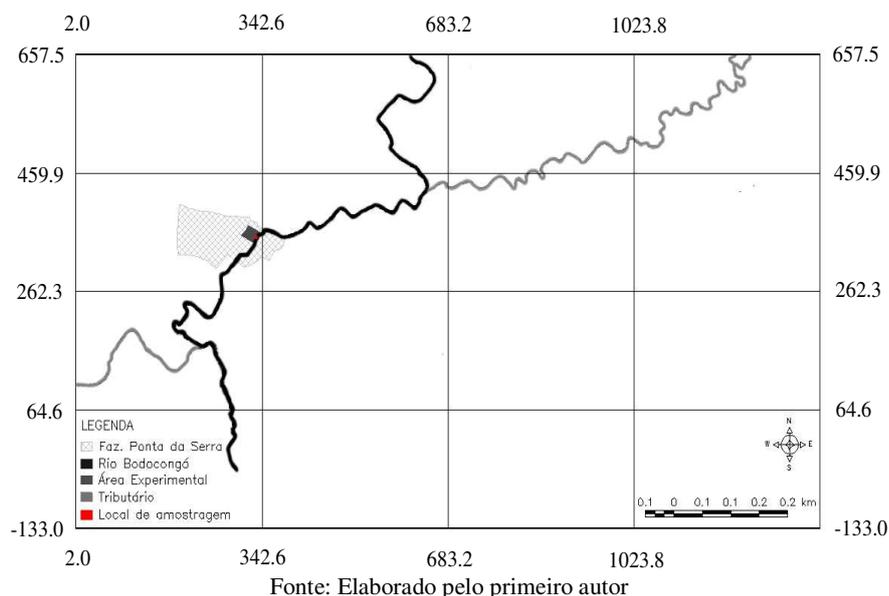


Figura 1. Detalhes do Rio Bodocongó com destaque para a área experimental à sua margem

2.2. Clima

O local está inserido na Mesorregião do Agreste paraibano, mais precisamente em região geográfica de abrangência do semiárido brasileiro. Segundo o sistema de classificação climática de Köppen, (TREWARTHA e HORN 1980), baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade, a região encontra-se em zona de transição climática entre os tipos As (quente e úmido) e Bsh (semiárido quente), o qual se insere no Polígono das Secas. Com períodos chuvosos de outubro a abril na região mais seca (Sertão) e de janeiro a junho na região de clima mais ameno (Agreste) (MAYER et al., 1998). Temperatura média anual de 24,5°C, variando entre 19 e 30 °C, mínima e máxima respectivamente, no mesmo período; e precipitação média de aproximadamente 600 mm anuais, oscilando entre 34 mm em junho e 172 mm em dezembro, predominando, na região, chuvas típicas de verão (SILVA et al, 2003).

2.3. Solo

O solo do local possui classificação textural franco-arenosa e relevo predominantemente ondulado e suave ondulado, com declividades médias variando de 3 a 20 %.

Para verificar as condições de fertilidade, salinidade e sodicidade do solo da área experimental em meio às irrigações com água do Rio Bodocongó e as fertirrigações nitrogenadas e potássicas, ao longo dos dois ciclos da bananeira ‘Pacovan’, foram realizadas, em cada tratamento, três amostragens de solo na área de influência dos microaspersores à profundidade de 0 - 0,40 m, para caracterização química; as campanhas de amostragem foram realizadas em dois

períodos: março de 2012 (chuvoso) e novembro de 2012 (seco). As amostragens de solo ocorreram com o auxílio de um trado tipo sonda, nas entrelinhas das áreas úteis das parcelas experimentais, sendo coletadas diversas amostras simples em três pontos distintos de cada parcela experimental, formando, assim, três amostras compostas por tratamento, para possibilitar a caracterização química do solo.

Por ocasião das coletas, as amostras compostas de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas conforme cada tratamento e encaminhadas para análise no Laboratório de Irrigação e Salinidade - LIS da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG; onde foram secas ao ar. Depois de secas, as amostras de solo foram submetidas à moagem em moinho de martelo operando a 500 rpm. Este procedimento permitiu destorroar as amostras, facilitando a sua manipulação e sua homogeneização.

Posteriormente, o material foi peneirado em peneiras de aço inox com malhas de 2,0 mm de diâmetro para normalização do tamanho dos grãos das amostras que posteriormente foram analisadas quimicamente de acordo com as recomendações da Embrapa (1997), quanto a determinação de pH em água (1:2,5), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), hidrogênio (H), alumínio (Al), cloro (Cl), carbonato (CO_3), bicarbonato (HCO_3) e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes). A partir desses teores, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC), a razão de adsorção de sódio (RAS). Cujos, resultados constam na Tabela 4.

Para verificação das condições iniciais do solo, foi realizada uma amostragem (A) dentro da área experimental, porém fora do alcance do raio molhado dos microaspersores configurando-se, em uma área sem irrigação e/ou fertilização. A investigação de possíveis efeitos das aplicações dos fertilizantes e das irrigações com água do Rio Bodocongó sobre as características químicas do solo, aos 60 dias do início das aplicações dos fertilizantes, imediatamente antes da segunda aplicação, foi efetuada uma segunda amostragem de solo (B) nas entrelinhas das áreas úteis das parcelas experimentais de cada tratamento; ao término dos estudos, foi efetivada uma terceira amostragem (C), também nas entrelinhas das áreas úteis das parcelas experimentais de cada tratamento. Ao todo, foram coletadas 96 amostras compostas de solo na camada de 0 - 40 cm.

Tabela 4. Caracterização química do solo da área experimental nas diferentes épocas de amostragens. Onde: A = amostragem realizada na área experimental, porém sem presença de irrigação; B = amostragem realizada na área experimental no início dos estudos e C = amostragem efetuada na área experimental ao término dos estudos.

Amostras	Complexo Sortivo											
	pH H ₂ O	MO %	N	P	K	Ca	Mg	Na	H ⁺	Al ³⁺	SB	CTC
cmol _c dm ⁻³												
A	8,08	2,64	0,15	5,76	0,42	13,50	4,28	0,44	0,00	0,00	18,64	18,64
B	7,90	1,12	0,43	5,25	0,43	6,98	6,99	2,34	0,00	0,00	16,74	16,74
C	8,02	1,39	0,08	5,31	0,56	6,47	7,14	2,71	0,00	0,00	16,88	16,88

Amostras	Estrato de saturação									
	pH H ₂ O	Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	CE _{es} dS m ⁻¹	RAS
cmol _c L ⁻¹										
A	7,80	1,75	0,00	2,90	1,50	3,25	0,37	2,28	0,45	1,48
B	7,07	16,08	0,00	4,68	1,98	4,07	0,27	12,67	1,80	7,17
C	7,62	18,17	0,00	4,03	1,85	5,25	0,25	14,35	2,22	7,59

3. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

Nos 3,0 ha cultivados com bananeira ‘Pacovan’ na Fazenda Ponta da Serra foi delimitada uma área de aproximadamente 5000 m² ocupada por 448 famílias de bananeiras distribuídas em 16 fileiras duplas constituídas por 28 famílias cada, locadas em 52 m². Posteriormente, nessa área foram demarcadas, em cada fileira dupla, parcelas experimentais medindo 10 m de comprimento e 2,0 m de largura, abrangendo, assim, 20 m² de área útil, nas quais foi delimitada como bordaduras a linha externa de cada lado e as plantas das fileiras duplas de cada extremidade. Feito isto, foram alocados, em cada parcela, três subparcelas contendo quatro famílias de bananeira cada uma, dispostas nas fileiras duplas, ocupando uma área útil de 4,0 m² cada, totalizando 12 plantas centrais por unidade amostral em cada tratamento, conforme esquema na Figura 2.

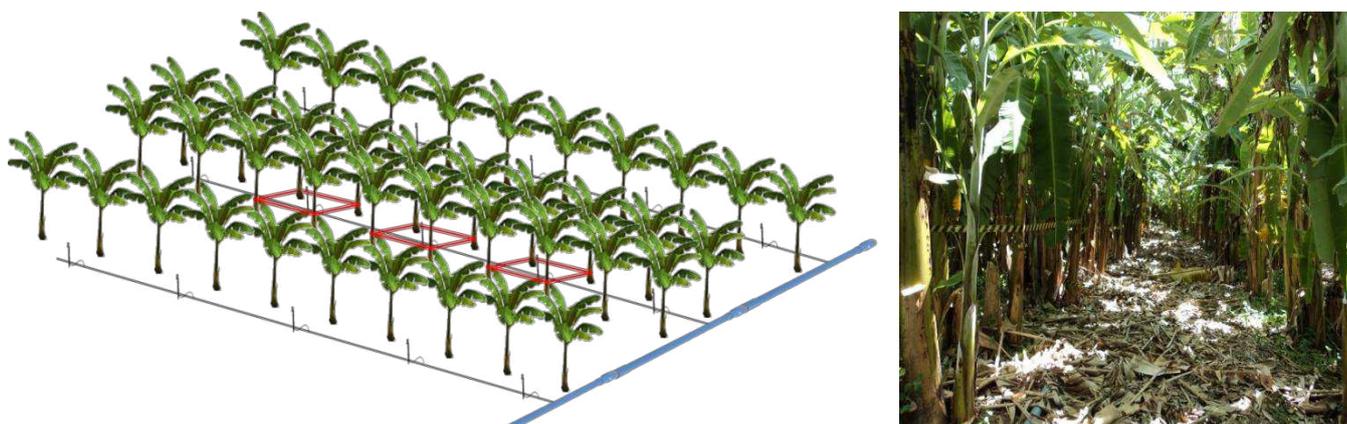


Figura 2. Detalhes da área experimental com destaque para a demarcação das parcelas experimentais, manejo das plantas e dos restos culturais nas fileiras duplas

3.1. Cultivar utilizada

O experimento foi conduzido, com a cultivar Pacovan, um triplóide, pertencente ao grupo genômico AAB. A planta é vigorosa, tem pseudocaule bem desenvolvido, o cacho pesa em média 16 kg e possui aproximadamente 85 frutos, com quinas que permanecem mesmo após a maturação (SILVA et al., 2002). Possui folhas pouco eretas, engajo de coloração verde-clara, inflorescência posicionada a 45°. A ráquis masculina é compacta, mais ou menos vertical, as cicatrizes são proeminentes e totalmente limpas. Em locais frios alonga o ciclo de produção e diminui o tamanho e peso dos cachos. Tem um bom potencial de produtividade sob irrigação, podendo atingir 35-40 t ha⁻¹ ciclo⁻¹ em cultivos bem conduzidos, não sendo necessário, em sua maioria, se realizar escoramento (ALVES, 1999).

4. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram testados 16 tratamentos (Tabela 5), com três repetições cada, seguindo o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4. Os quais foram constituídos por quatro doses de nitrogênio, provenientes do sulfato de amônio (20% de N), aplicadas em quantidades correspondentes a 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, que corresponderam a 0, 50%, 100% e 150%, respectivamente, da quantidade de N recomendada para bananeira, combinados com quatro doses de potássio, provindas da fonte cloreto de potássio (60% de K₂O) fornecidas em doses equivalentes a 0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, que compreenderam, respectivamente, 0, 50%, 100% e 150% da quantidade de K sugerido para a cultura.

Tabela 5. Tratamentos aplicados às unidades experimentais

Tratamentos	Descrição
T ₁	Tratamento controle, ao qual, não se aplicou N e K
T ₂	Fertirrigação com 100 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₃	Fertirrigação com 200 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₄	Fertirrigação com 300 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₅	Fertirrigação com 150 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₆	Fertirrigação com 300 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₇	Fertirrigação com 450 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₈	Fertirrigação com 100 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 150 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₉	Fertirrigação com 100 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 300 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₀	Fertirrigação com 100 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 450 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₁	Fertirrigação com 200 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 150 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₂	Fertirrigação com 200 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 300 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₃	Fertirrigação com 200 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 300 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₄	Fertirrigação com 300 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 150 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₅	Fertirrigação com 300 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 300 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *
T ₁₆	Fertirrigação com 300 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ e 450 kg de K ha ⁻¹ ano ⁻¹ *

* Doses de N e K correspondentes a 0, 50%, 100% e 150% das quantidades recomendada para a bananeira 'Pacovan'

As doses de N e K aplicadas foram definidas para o 2º ciclo da bananeira e calculadas segundo as recomendações do Boletim 100 do Instituto Agronômico de Campinas, representada pelas quantidades totais de 200 kg de N ha⁻¹ e 300 kg de K ha⁻¹ (TEIXEIRA et al., 1997). As maiores doses de N e K foram assim determinadas, visando definir a dosagem máxima adequada à cultura dos fertilizantes às condições estudadas.

5. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi desenvolvida em campo, obedecendo-se ao manejo da cultura na propriedade sem qualquer alteração na rotina adotada pelo produtor na condução da bananeira ‘Pacovan’.

Neste contexto, faz-se necessário ressaltar que, à exceção do experimento, o manejo das adubações nas demais famílias que integram o bananal, consistiam em aplicações manuais de fertilizantes orgânico e químico, em cobertura, principalmente com distribuição de sulfato de amônio e cloreto de potássio e eventualmente fertilizante contendo micronutrientes.

As irrigações ocorriam com turno de rega de dois dias por um período de seis horas de aplicação de água, por meio de um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão, visando manter a umidade do solo adequada ao desenvolvimento das plantas, sem, no entanto, haver controle da quantidade de água aplicada.

5.1. Irrigação

A bananeira é cultivada sob regime de irrigação, em que a água aplicada à cultura é captada do leito do Rio Bodocongó, por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão constituído por uma eletrobomba composta por um motor elétrico monofásico com três cv de potência e uma bomba centrífuga; cabeçal de controle composto por filtro de disco de 130 microns e manômetro analógico.

O sistema de injeção de fertilizantes é composto por: tanque de acondicionamento da solução, injetor de fertilizantes do tipo Venturi instalado no cabeçal de controle, antes do sistema de filtragem do sistema de irrigação, bomba centrífuga responsável por injetar a mistura de água e fertilizante no sistema. Linha principal de PVC com diâmetro nominal de 50 mm e linha de acesso a cada parcela experimental composta por mangueiras flexíveis de polietileno com 16 mm de diâmetro e 25 m de comprimento, contendo emissores autocompensantes com vazão individual de

41 L h⁻¹ e raio de alcance de 2,8 m, operando a uma pressão de serviço de 200 kPa. Espaçados 6,0 m nas laterais e 4,0 m entre emissores, irrigando, assim, quatro famílias cada um.

As irrigações foram realizadas, mantendo-se o manejo do plantio comercial adotado pelo produtor. O sistema de irrigação utilizado já estava em uso por aproximadamente dois anos, mesmo tempo de condução da cultura, com uma manutenção apenas regular, seguida de lavagem realizada de maneira aleatória.

Para o acompanhamento da oferta de água foi instalado, no início da linha principal, um hidrômetro do tipo analógico, com diâmetro nominal correspondente a 1.1/2", vazão máxima 20 m³ h⁻¹, vazão nominal 10 m³ h⁻¹, escala mínima de 0,00001 litros, modelo TM II, marca Multimag. O monitoramento, para anotação das leituras dos volumes de água aplicados e registrados no hidrômetro instalado, foi realizado com frequência semanal, durante os estudos, ou seja, no período que se estende de janeiro de 2012 a março de 2013. A partir das leituras registradas foi calculado o volume médio de água aplicado à cultura em cada evento de irrigação. O controle das irrigações foi realizado através de registros de passagem instalados no início de cada unidade experimental, de conformidade com o tempo de seis horas de aplicação de água para cada evento de irrigação, assegurando assim, que todas as parcelas foram uniformemente irrigadas.

Nos meses em que se registraram os maiores índices pluviométricos (Figura 3), embora as precipitações tenham se apresentado pouco expressivas, na região, estas incidiram de forma mais homogênea verificando-se, portanto, um regime uniforme de chuvas bem distribuídas. Em virtude da boa distribuição pluviométrica, observada na região, não foram realizadas irrigações neste período, uma vez que, para o produtor o teor de umidade do solo manteve-se apropriado. Por outro lado, nos meses subsequentes aos chuvosos, as precipitações pluviométricas registradas não ultrapassaram os 3,0 mm. Neste período, as irrigações foram realizadas em uma frequência de dois dias, sendo em média, aplicado em cada evento de irrigação, um volume total de água correspondente a 25,52 m³, o que corresponde a aproximadamente 61,5 litros de água aplicada por família, em conformidade com o tempo estabelecido para as irrigações.

5.2. Fertirrigação

As aplicações dos fertilizantes, sulfato de amônio e cloreto de potássio como fontes de N e K, respectivamente, foram definidas para o segundo ciclo da bananeira, com base nas doses estabelecidas nos respectivos tratamentos (Tabela 5). Os fertilizantes foram parcelados em seis aplicações e fornecidos separadamente via água de irrigação, obedecendo à frequência de aplicação de 60 dias.

Os fertilizantes nitrogenado e potássico foram pesados separadamente, seguindo as doses estabelecidas para cada tratamento, em balança digital e armazenados em sacos plásticos, para posterior aplicação, via água de irrigação. A partir das doses de N e K definidas para cada tratamento, procedeu-se a preparação da solução fertilizante. Para este fim, foram dissolvidos, em separado, por ocasião das aplicações 2,6; 5,2 e 7,8 kg de sulfato de amônio, o que, corresponde, respectivamente, às doses de 100, 200 e 300 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹; e 1,3 kg, 2,6 kg, 3,9 kg de cloreto de potássio, representadas, respectivamente, pelas doses equivalentes a 150, 300 e 450 kg de K ha⁻¹ ano⁻¹. Estas doses foram calculadas para serem aplicadas de forma linear, nas linhas de irrigação, fracionadas em parcelas iguais e distribuídas via água de irrigação em seis aplicações ao longo do segundo ciclo da bananeira, sendo quantificadas mediante pesagem em balança de precisão, por ocasião das fertirrigações.

A solução fertilizante aplicada via fertirrigação foi, inicialmente, preparada em recipiente plástico com volume de 30 L, mediante a mistura e agitação das quantidades estabelecidas dos fertilizantes nitrogenados e potássicos em aproximadamente 20 L de água, ao qual foram, posteriormente, incluídos cerca de 10 L de água ao recipiente de preparo. Uma vez dissolvidos a solução fertilizante foi deixada em repouso durante 15 min, para decantação do material grosseiro.

Decorrido tempo suficiente para a decantação, a solução foi transferida para o recipiente de sucção (caixa d'água com volume de 100 L) tendo-se o cuidado de reter, no fundo do recipiente de preparo, as impurezas provenientes do fertilizante, ajustando-se a quantidade de água para distribuição à cultura no tempo preestabelecido. Feito, isto, com o sistema de irrigação em operação, a solução foi injetada no ramal principal, com o auxílio de uma bomba injetora acoplada ao injetor de fertilizantes do tipo Venturi por um período de 40 a 50 minutos, consumindo o volume total do fertilizante diluído, segundo as doses estabelecidas para os tratamentos. Após a injeção dos fertilizantes, o sistema de irrigação continuou em operação por cerca de 10 minutos, para permitir a lavagem do sistema, visando evitar o entupimento dos emissores e a proliferação de microrganismos.

5.3. Tratos culturais

A bananeira 'Pacovan' foi conduzida com a formação de "famílias", as quais, foram selecionadas considerando-se o desenvolvimento das plantas, sendo, assim, compostas por: "planta-mãe" - contendo cacho; "planta-filha" - planta do estudo em questão, proveniente de uma planta-mãe, correspondendo ao 2º ciclo e uma "planta-neta", a qual deu sequência à família

correspondendo ao 3º ciclo. Durante a condução do experimento, foram realizados desbastes, para retirada do excesso de plantas, preservando-se apenas três plantas por touceira.

As plantas “filha” e a “neta”, planta do estudo em questão, foram selecionadas para receber os tratamentos, cujas, fertirrigações foram realizadas em uma frequência bimestral ao longo do ciclo fenológico da cultura, com sulfato de amônio como fonte de N e o cloreto de potássio como fonte de K.

As práticas culturais frequentemente empregadas em condução de bananeiras como desbaste, desfolha, escoramento, manejo fitossanitário e de plantas invasoras foram executadas de forma preventiva, haja vista, necessidades da cultura. O manejo de plantas invasoras foi realizado quimicamente, por meio de pulverizações manuais de herbicidas seletivos nas linhas de plantio e no coroamento das plantas, assim como, por capinas manuais e roçagens; o controle de pragas e doenças ocorreu de forma preventiva, a partir da aplicação de defensivos indicados para a cultura em épocas pré-determinadas.

6. ANÁLISE DOS DADOS

Uma vez coletados, os dados foram analisados segundo os efeitos das doses de N e K sobre os componentes nutricionais e de produção da bananeira ‘Pacovan’ por meio da estatística clássica, com base no delineamento estatístico adotado neste estudo, em que, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de significância. Para as situações em que se verificou efeitos significativos dos fatores, ajustaram-se equações de regressão. Para as interações significativas, se realizou análises de regressão a partir do desdobramento dos tratamentos, utilizando-se superfície de resposta para interpretar e discutir o efeito dos fatores. O software SISVAR foi utilizado para a análise estatística dos dados e o Table Curve 3D para confecção e apresentação dos gráficos resultantes das interações significativas.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, E. J. **A cultura da bananeira**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2ª ed. Brasília: EMBRAPA/CNPMPF, 1999. 585 p. p.90-91.
- CEBALLOS, B. S. O. de; KÖNIG, A.; ROLIM, H. de O.; ARAÚJO, M. L. de; GUIMARÃES, A. O. Efeito do represamento na qualidade da água de um rio impactado por esgotos – Rio Bodocongó, Campina Grande, PB. In: 210Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2001, João Pessoa. Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES. Rio de Janeiro: ABES, 2001. v. 1, p. 1-9.
- MAGALHÃES, N. F.; CEBALLOS, B. S. O. de; NUNES, A. B. de A.; GHEYI, H. R.; KONIG, A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.6, n.1, p.128-135, 2002.
- MASCARENHAS, J. de C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C. de; MORAES, F.; MENDES, V. de A.; MIRANDA, J. L. F. de (Org.). *Projetos cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Queimadas, Estado da Paraíba*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 23 il.
- MAYER, M. G. R.; CEBALLOS, B. S. O.; LUCENA, J. H.; KÖNIG, A.; SUASSUNA, E. N. Variação espaço - temporal da qualidade das águas de um rio poluído com esgoto doméstico (PB - Brasil). In: **XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Lima (Perú), Novembre de 1998.
- SILVA, JMC; TABARELLI, M; FONSECA, MT; LINS, LV. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Parte 1- Fatores Abióticos. Ministério do Meio Ambiente, Brasília- DF, 2003.
- SILVA, S. O.; FLORES, J. C. O.; NETO, F. P. L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira em quatro ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.37, n.11, p.1567-1574. Nov.2002.
- SOARES, N. S. da C.; CEBALLOS, B. S. O. de; OLIVEIRA, É. de M.; KÖNIG, A. M. Distribuição espaço temporal de bactérias indicadoras De contaminação e vírus num riacho do trópico semiárido. In: 210Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2001, João Pessoa. Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES. Rio de Janeiro: ABES, v.1, p.1-9, 2001.
- TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P. Banana. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed.rev.atual. Campinas: IAC, 1997. p.131-132. (Boletim Técnico, 100).
- TREWARTHA, G.T. & L.H. HORN. *An Introduction to Climate*. McGraw-Hill, 5 th ed. New York. 1980.

QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO DA BANANEIRA ‘PACOVAN’ NA REGIÃO DE QUEIMADAS-PB

RESUMO: A utilização de águas de baixa qualidade em sistemas produtivos irrigados surge como uma alternativa para implementação da produção em diversas regiões brasileiras. Neste contexto, monitorou-se a qualidade da água do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB, averiguando, dentre outros aspectos, suas possíveis restrições para prática da irrigação da bananeira ‘Pacovan’ em Queimadas-PB. Foram avaliados os seguintes parâmetros: pH, CEa, N, P-orto, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , HCO_3^- , CO_3^{--} , Cl^- e RAS. Assim, tem-se que a irrigação com água do Rio Bodocongó deve ser praticada com cautela, pois elevados teores de Na^+ , CO_3^{--} , HCO_3^- e Cl^- são transportados ao solo, através das irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados. Devido, principalmente, abranger, em sua totalidade, águas cloretadas sódicas, independente do período de avaliação e da época do ano. Cabe mencionar ainda, que essa água possui grau de restrição elevado para a prática da irrigação, posto que, possui salinidade variando de média a muito alta, sodicidade oscilando entre baixa e média e toxicidade moderada às plantas. Sendo sua aplicação recomendada apenas a culturas com alta tolerância salina, desde que cultivadas em solos bem drenados, permeáveis e abundantemente irrigados.

Palavras-chave: reuso, qualidade de água, água de baixa qualidade

QUALITY OF WATER USED IN THE IRRIGATION OF THE PACOVAN BANANA IN THE QUEIMADAS-PB REGION

ABSTRACT: The use of low quality water in irrigated production systems appears as an alternative for the implementation of the production in several Brazilian regions. In this context, the water quality of the Bodocongó River, which receives domestic sewage from the city of Campina Grande-PB, was monitored, investigating, among other aspects, its possible restrictions for irrigation practices of 'Pacovan' banana in Queimadas-PB. The following parameters were evaluated: pH, CEa, N, P-orto, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , HCO_3^- , CO_3^- , Cl^- e RAS. Thus, irrigation with water from the Bodocongó River must be practiced with caution, since high levels of Na^+ , CO_3^- , HCO_3^- and Cl^- are transported to the soil through the irrigations, which makes it limiting to the Continued use in irrigated production systems. Mainly due, it should cover chlorinated sodium waters, regardless of the evaluation period and the time of year. It should also be mentioned that this water has a high degree of restriction for the practice of irrigation, because it has salinity ranging from medium to very high, sodicity oscillating between low and medium and moderate toxicity to plants, its application is recommended only to crops with high salt tolerance, since they are cultivated in well drained, permeable and abundantly irrigated soils.

Key words: reuse, water quality, low quality water

1. INTRODUÇÃO

A expansão de áreas irrigadas no semiárido brasileiro tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, sendo que, o uso exagerado e irrestrito das irrigações, sem o devido acompanhamento técnico têm, em muitos casos, intensificado o surgimento de problemas decorrentes da má condução das irrigações, acarretando efeitos negativos às culturas, ao solo e recursos hídricos nas bacias hidrográficas; o que vem sendo objeto de constante preocupação. O que representa uma ameaça, em potencial, para o desenvolvimento e a sustentabilidade das atividades agrícolas.

Neste cenário, é evidente, que diante da busca pelo desenvolvimento sustentável e do uso racional de recursos naturais, a implantação de sistemas de irrigação surge como uma necessidade para as regiões de escassez sazonal de água, para se obter produtividades mais elevadas (REIS et al., 2011). Entretanto, para que a viabilidade desse processo seja assegurada, é imprescindível dispor de conhecimentos técnicos específicos, que propiciem controle de qualidade eficiente e seguro, o que nem sempre ocorre (Alves et al., 2012). Tal como demonstrado por Nunes et al. (2008) no Norte de Minas Gerais, cujas, irrigações de bananeiras, com água de baixa qualidade, tem provocado alterações nas características químicas dos solos, o que a torna limitante ao desenvolvimento das culturas (FERNANDES et al., 2008). De acordo com Silva et al. (1999) a utilização destas águas pode aumentar o pH do solo e promover desequilíbrio nutricional às culturas, principalmente à bananeira, que é muito sensível ao desequilíbrio de nutrientes no solo.

Sobre esse aspecto, Silva e Carvalho (2005) argumentam que dentre os vários fatores ligados ao sistema de produção da bananeira, a nutrição é de fundamental importância, pois, para alcançar alta produtividade econômica, é necessário que a cultura esteja equilibrada nutricionalmente. Para Rangel et al. (2007), isto se dá devido a existência de uma grande quantidade de fatores que regulam o crescimento e o desenvolvimento da planta, cuja, magnitude e a combinação destes fatores é que determinam o incremento dos rendimentos na produção da cultura. Neste sentido, Alvarez et al. (1999); Srinivasan e Reddy (2009) alertam que a utilização de água de baixa qualidade em sistemas produtivos irrigados, pode comprometer todo um sistema de irrigação, desde a cultura até as propriedades do solo. Uma vez que aspectos qualitativos têm sido constantemente desprezados (FIGUEIREDO et al., 2009). O que, segundo Sano et al. (2005) reproduz motivo de constante preocupação, principalmente em função do aumento das áreas irrigadas.

Este fato demonstra claramente a importância de se realizar o monitoramento, quanto aos aspectos qualitativos, da água de irrigação ao longo do ciclo produtivo da bananeira, o que

desempenha papel fundamental dentro da pesquisa científica, principalmente quando se utiliza água de baixa qualidade em sistemas produtivos irrigados. Figurando-se como um eficiente instrumento, para a obtenção de informações valiosas quanto à demanda dos recursos hídricos, conseqüentemente, quanto a restrição ou não ao uso em potencial do manancial, reduzindo consideravelmente danos ambientais severos. Assegurando o desenvolvimento e a sustentabilidade da atividade. Tendo em vista que, a presença de alguns componentes que conferem salinidade à água, aliado a um manejo inadequado das irrigações, vem acelerando a degradação dos solos e conseqüentemente promovendo o declínio da produtividade das culturas em áreas irrigadas.

Por outro lado, o aproveitamento de águas de baixa qualidade em sistemas produtivos irrigados, tem sido largamente empregada em diversas regiões do País. Constituindo-se em uma alternativa viável, principalmente em função dos benefícios econômicos proporcionados em função da presença de elevados teores de nutrientes essenciais às culturas como nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, o que reduz consideravelmente gastos com aquisição e aplicação fertilizantes químicos.

Neste contexto, propôs-se este estudo com o objetivo de monitorar a qualidade da água do Rio Bodocongó, que recebe esgotos domésticos da cidade de Campina Grande-PB, averiguando, dentre outros aspectos, suas possíveis restrições para prática da irrigação da bananeira 'Pacovan' em Queimadas-PB.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O diagnóstico dos parâmetros químicos da água do Rio Bodocongó utilizada para irrigação da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra foi realizado durante o segundo ciclo de produção da cultura. Realizaram-se análises químicas mensais de amostras da água coletadas em uma frequência mensal diretamente deste Rio, durante o período compreendido entre os meses de janeiro a novembro de 2012. A região de estudo compreende a área de abrangência do referido experimento, situada no Sudeste do Estado da Paraíba, na mesorregião do Agreste, em região geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, mais precisamente entre a latitude 07° 22' 27,5" S e longitude 35° 59' 51,7" W.

O Período de amostragem foi de 11 meses, compreendidos entre janeiro e novembro de 2012. Que abrangeu as estações chuvosa e de estiagem, determinantes para o acompanhamento da qualidade da água utilizada na irrigação, ao longo do segundo ciclo de produção da bananeira. As coletas ocorreram em uma frequência de 30 dias, entre as 09h:00min e 11h:00min, a

aproximadamente 50 cm abaixo da superfície da água e próximo ao local de captação de água para irrigação. Em cada amostragem, retiraram-se três amostras simples, compondo 33 amostras de água do Rio Bodocongó para caracterização química.

Para a coleta da água foram utilizadas garrafas plásticas, com volume de 1000 ml, as quais foram perfuradas da extremidade superior até o centro, previamente lavadas com a própria água do local e presas a uma haste de madeira para facilitar o seu lançamento e assegurar a retirada da água na vertical à profundidade especificada.

Após a coleta, os recipientes foram hermeticamente fechados, devidamente identificados e transportados imediatamente para o Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foram preservadas e analisadas, determinando-se: potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica da água (CEa), cálcio (Ca^{++}), magnésio (Mg^{++}), sódio (Na^+), potássio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^-), cloreto (Cl^-) e RAS, de conformidade com Richards (1954). E ao Laboratório da Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES) para caracterização de nitrato (NO_3^-), amônia (NH_4^+), Ortofosfato (P-orto), segundo APHA (1995). A partir das concentrações de Na, Ca e Mg foi calculada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Os diagnósticos dos resultados das análises laboratoriais foram avaliados fundamentando-se nas oscilações temporais do conteúdo iônico na água do Rio Bodocongó, delimitando suas possíveis restrições para prática da irrigação da bananeira 'Pacovan', segundo os limites instituídos pelas diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação. Cujas, classificação da qualidade de água para fins de irrigação, quanto aos riscos de salinidade ou de salinização do solo, baseou-se nos parâmetros propostos por Richards (1954), Pizarro (1985) e Ayers e Westcot (1999) conforme descrito no item 3.2.2 pág. 19.

A metodologia indicada pelo Laboratório de Salinidade dos EUA – USSS fundamentada por Richards (1954) considera os valores de Condutividade elétrica da Água - CEa e da Razão de Adsorção de Sódio - RAS, como respectivos indicadores do perigo de salinização e sodificação dos solos. A classificação das águas quanto ao risco de salinidade definidas pela UCCC - University of California Committee of Consultants (PIZARRO, 1985) estabelece limites de CEa diferenciados daqueles propostos por Richards (1954). Do mesmo modo Ayers e Westcot (1999), considera problemas associados à salinidade da água combinando à CEa. Assim, a classificação da água, quanto aos riscos de salinidade, fundamenta-se nos limites das classes C₁, C₂, C₃ e C₄ (RICHARDS, 1954; PIZARRO, 1985 e AYERS e WESTCOT, 1999), em atendimento à salinidade estimada pela CEa, a partir do seu enquadramento nas classes, que definem a qualidade da água de irrigação, conforme os padrões constantes na Tabela 1.

A classificação das águas de irrigação quanto ao risco de sodicidade ocorreu a partir da definição da Razão de Adsorção de Sódio corrigida (RAS^o) conforme procedimento sugerido por Suarez (1981). Este método proporciona melhorias na capacidade de prognosticar a RAS tradicional, fundamentando-se na concentração de Ca em equilíbrio (Ca^o), representado pelo teor de Ca da água de irrigação corrigido pela salinidade da água (CEa) para o teor de HCO₃⁻ em relação ao seu próprio teor Ca (HCO₃⁻/Ca). Sendo estimada pela equação descrita no item 3.5. Neste contexto, Ayers e Westcot (1999) sugerem a utilização da RAS^o, facilitando então, a tabulação dos valores de Ca^o em função da CEa e da relação HCO₃⁻/Ca. Conforme valores contidos na Tabela 2.

Suarez (1981) doutrina, ainda, que o teor de Ca^o na água de irrigação é estimado, inicialmente, pela razão HCO₃/Ca (mmol_c.L⁻¹); o valor obtido, é enquadrado na coluna contendo a relação (HCO₃/Ca) da Tabela 2, encontrando-se uma razão aproximada; Posteriormente, ao se encontrar uma CEa aproximada, a partir dos valores pré-estabelecidos na respectiva tabela; para as situações em que os valores da relação (HCO₃/Ca) e da CEa não se aproximarem daqueles listados na tabela, deve-se fazer extrapolação a partir de dois valores próximos, obtendo-se, assim, um valor médio; Feito isto, o valor de Ca^o pode ser definido coincidindo o valor da CEa aproximada com a razão HCO₃/Ca aproximada. Uma vez conhecido o valor de cálcio em equilíbrio (Ca^o) é, então, calculada a RAS corrigida (RAS^o).

Tomando por base valores limites da RAS, em função da CEa, Richards (1954) introduziu esse conceito em um sistema de classificação de águas para irrigação, fundamentada nos limites das classes S1; S2; S3 e S4 que definem a qualidade da água de irrigação quanto aos riscos de sodicidade, conforme as interpretações discriminadas no item 3.2.2.2.

Ainda em análise de restrição ao uso da água para fins de irrigação com base nas variáveis indicadoras de qualidade, além dos riscos de salinização e sodificação dos solos, considerou-se também os riscos de toxicidade por íons específicos para a cultura. Assim, para as situações em que se observam concentração de elementos excedentes à tolerância da planta foram definidas limites para as três classes de restrição, designadas de T₁, T₂ e T₃ (Tabela 3), conforme metodologia adaptada de Ayers e Westcot (1999).

Empregou-se o software Qualigraf para identificação das expressões hidroquímicas, com base nas concentrações dos cátions (Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺) e ânions (NO₃⁻, Cl⁻, HCO₃⁻ e CO₂⁻) na água do Rio Bodocongó, através da elaboração do diagrama de Piper.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Rio Bodocongó possui, originalmente, um regime intermitente, mas, que é perenizado ao passar pela cidade de Campina Grande, no trecho a jusante do Açude de Bodocongó, devido,

principalmente, ao recebimento constante da água proveniente deste açude, cujo, maior volume de descarga acompanha a quase totalidade do período chuvoso na região (SOARES et al., 2001) Assim, para melhor qualificar e classificar a água utilizada na irrigação da bananeira, proveniente deste Rio, na área experimental foram utilizados os dados pluviométricos coletados nas estações climatológicas localizadas nas cidades de Campina Grande/Embrapa e Queimadas.

As distribuições temporais das precipitações incidentes na região foram bastante irregulares (Figura 3), em que, o acumulado para o ano experimental no município de Queimadas - PB foi de apenas 300,8 mm e, deste total, aproximadamente 113,2 mm (37,6%) foram registrados nos meses de janeiro e fevereiro e cerca de 173,9 mm (57,8%) ocorreram nos meses de maio a julho. Nos demais meses as precipitações registradas somam apenas 13,7 mm.

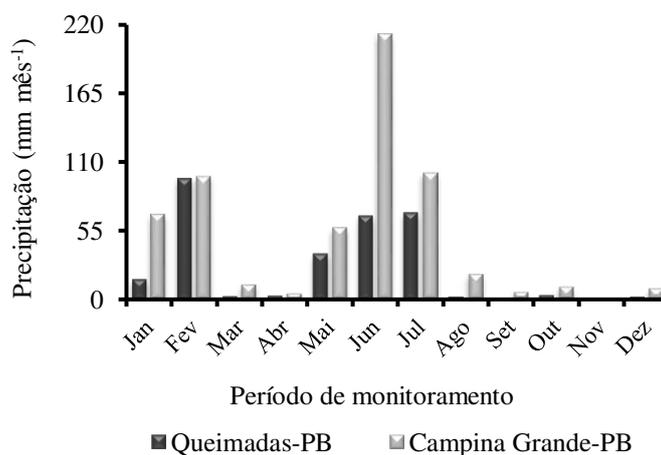


Figura 3. Precipitação mensal registrada no período de janeiro a novembro de 2012 nos municípios de Queimadas - PB e Campina Grande - PB

Neste mesmo período, a precipitação total registrada no município de Campina Grande foi equivalente a 604,5 mm, deste total, 167,5 mm (27,8%) sobreveio nos meses de janeiro e fevereiro, e 373,5 (61,7%) foi registrado entre os meses de maio a julho. Ficando os demais meses sob forte insolação, em que a maior precipitação registrada não excedeu os 20,6 mm, quando foi necessária irrigação.

Para Silva et al. (2014) e Silva et al. (2009) as precipitações pluviométricas colaboram para a diluição dos elementos químicos na água. Contribuindo para a manutenção da quantidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas (LUCAS et al., 2010).

Entretanto, na fruticultura irrigada é importante estar atento à qualidade da água utilizada para este fim, uma vez que, suas características físicas e químicas intrínsecas, determinam as potencialidades, fragilidades e limitações em relação à cultura explorada. Neste contexto, o monitoramento da qualidade química da água do Rio Bodocongó foi realizado com vista a se obter

informações que efetivamente respaldem ações de proteção do meio edáfico e viabilize a exploração bananeira na região.

É importante mencionar que nos períodos de estiagem, os esgotos da cidade de Campina Grande representam a quase totalidade da vazão do Rio Bodocongó, e que colaboram para acentuar a composição química da água com elementos como Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ (FROTA JÚNIOR et. al., 2007). Devido ao lançamento de esgotos quase "in natura" diretamente neste Rio e, que mesmo tratado ou não, tem-se como consequência a elevação do conteúdo iônico na água.

Por esse motivo, é possível que as chuvas registradas em outubro na referida cidade foram suficientes para promover um ligeiro aumento da vazão dos canais pluviais e no Rio Bodocongó com consequente elevação dos constituintes iônicos, principalmente, Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ que são determinantes a RAS justificando seu maior valor encontrado nesse período.

A semelhança dos resultados das análises de pH, CE e RAS da água do Rio Bodocongó coletada na Fazenda Ponta da Serra no período monitorado (Figura 4), aponta para a possibilidade do nível pluviométrico observado nos municípios de Queimadas - PB e Campina Grande - PB ter maior influência na definição na qualidade da água de irrigação, indicando que, nos meses em que se registraram pouca ou nenhuma precipitação os íons que conferem salinidade à água foram mais concentrados, refletindo diretamente sobre o pH, CE e RAS da água.

Os valores de pH (Figura 4a) oscilaram de acordo com os períodos chuvoso e seco, cujos valores extremos foram 7,03 a 8,60, o que confere à água do Rio Bodocongó uma natureza alcalina, sendo esta alcalinidade, mais acentuada em novembro. De acordo com Mota (2008) e Silva et al. (2011) a água é considerada ácida enquanto seu pH for inferior a 7,0; neutra quando possuir pH igual a 7,0 e alcalina sempre que este for superior a 7,0. Deduz-se, então, que na Fazenda Ponta da Serra, a água utilizada para irrigação da bananeira 'Pacovan' possui restrição média a severa para este fim, o que requer atenção no seu manuseio, uma vez que, se mal conduzida seu uso pode ocasionar danos ao sistema de irrigação, e ainda contribuir para a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio (ANTAS e MORAIS, 2011); e no caso da fertirrigação, um pH elevado pode ser prejudicial pela insolubilização de fertilizantes (BORGES et al., 2002). O elevado valor de pH da água pode ocasionar consequências à produtividade devido a possíveis danos ao solo e à cultura, posto que, seu pH foi durante todo o período monitorado superior à faixa adequada (5,5 - 7,0) conforme estabelecido por Vieira e Ramos (1999).

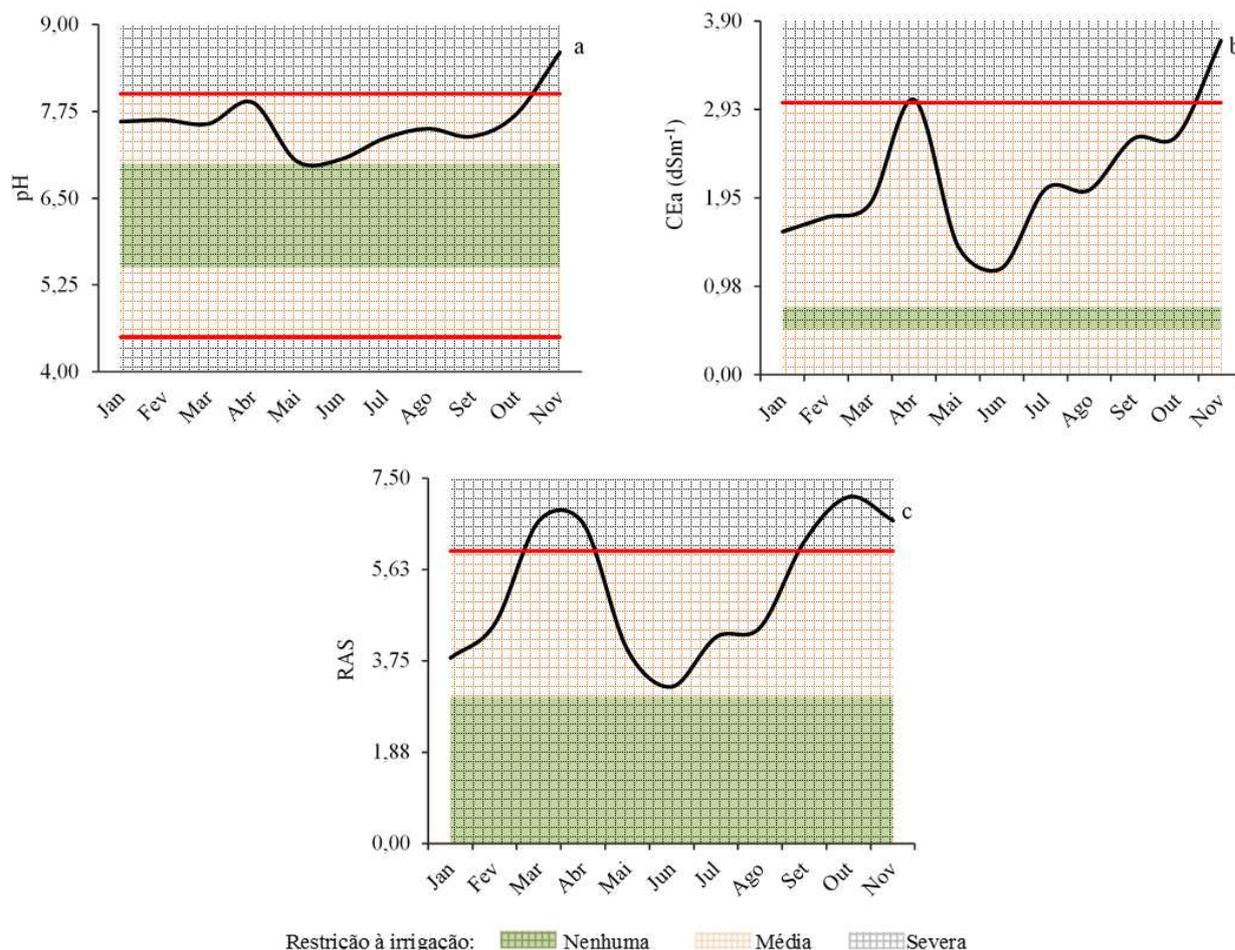


Figura 4. Valores de potencial de hidrogênio - pH (a), condutividade elétrica - CEa (b) e rasão de adsorção de sódio - RAS (c) da água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra

É possível que esses aumentos do pH estejam relacionados aos teores de CO_3^{2-} e HCO_3^- na água como argumentam Moraes et al. (2011). Hermes e Silva (2002) em seu trabalho expõem que o pH tende a ser mais alto na presença de HCO_3^- na água. Isto reforça os resultados obtidos neste estudo, em que, se observou elevado teor de HCO_3^- em todas as épocas analisadas, o que pode comprometer a produtividade da bananeira como consequência aos danos a planta e ao solo. Além disso, períodos prolongados de estiagem podem contribuir para o aumento do pH.

De acordo com Damasceno et al. (2010), na presença de quantidades tituláveis de CO_3^{2-} o pH do extrato de saturação ou da água será superior a 8,0. O CO_3^{2-} e o HCO_3^- quando combinados com o Ca^{++} , formam o CaCO_3 , sal de baixa solubilidade (YARON, 1973). Cujas precipitação retira da solução do solo parte do Ca^{++} , intervindo na RAS (ANDRADE JÚNIOR et al, 2006).

Os indicadores do perigo de salinização do solo (CEa), e da sua sodificação e redução da infiltração da água (RAS) são, de acordo com, Ayers e Westcot (1999) imprescindíveis para se avaliar a qualidade final da água para irrigação. Considerando os valores limites de CEa e RAS

(Tabelas 1 e 2) percebe-se que a água do Rio Bodocongó coletada na Fazenda Ponta da Serra, independente da época de amostragem, apresentou restrição média a severa à prática de irrigação, com maior índice de risco nos períodos de estiagem, ou seja, quando se faz necessário o uso da irrigação.

Ayers e Westcot (1991) alertam que o principal problema do excesso de sais na água de irrigação se deve à sua deposição no solo, uma vez que os sais podem se acumular no solo a medida em que a água é evaporada ou consumida pelas culturas. No tocante a essa problemática, WATER RESEARCH COUNCIL (1989) discorre sobre a inviabilização de áreas agricultáveis devido à redução de rendimentos e morte de plantas cultivadas sensíveis aos sais provocados pelo aumento da salinidade do solo. Doorenbos e Kassam (1994), alertam que a bananeira é muito sensível à salinidade, necessitando de solos com CEes inferior a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ para se alcançar bom rendimento.

Para os sais dissolvidos, os valores da CEa (Figura 4b) variaram de 1,18 a $3,69 \text{ dS m}^{-1}$; para a sodicidade da água, a variabilidade da RAS (Figura 4c) se comportou de maneira similar à CEa, com valores entre 3,21 e 7,12. Portanto, superior aos valores considerados adequados que é inferior a 0,25 (RICHARDS, 1954); 0,75 (PIZARRO, 1985) e 0,7 (AYERS e WESTCOT, 1999) para a CEa e $< 3,0$ para a RAS (VIEIRA E RAMOS, 1999).

Em relação aos níveis de salinidade definida pela CEa, a água do Rio Bodocongó, utilizada na irrigação da bananeira na Fazenda Ponta da Serra, foi enquadrada na classe de “Água Salobra”, portanto, imprópria para uso em fruticultura irrigada, conforme resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

Nos meses mais chuvosos, os valores de CEa e RAS foram menores, possivelmente, devido ao efeito de diluição ocasionado pelas chuvas incidentes na região, nos meses em que se registraram pouca ou nenhuma precipitação ocorreu um aumento gradual da CEa e da e RAS, demonstrando que nesse período há maior concentração de sais no Rio Bodocongó, decorrente da diminuição das precipitações pluviométricas; e de acordo com Palacio et al. (2009) da maior evaporação da água no período mais seco, fato comum nas regiões semiáridas. Esteves (1998) argumenta que a CE, que depende da composição iônica dos corpos d'água, pode ser influenciada, também pelo volume de chuvas. Além da elevada concentração de sais presentes nos efluentes depositados no Rio Bodocongó (LIMA, 2009). Portanto, quanto maior a concentração dos íons dissolvidos, maior o valor da CE (SOUZA et al., 2010).

De acordo com Ayers e Westcot (1999) a interpretação sodicidade das águas e dos problemas de infiltração, causados pela redução da permeabilidade devido ao efeito do sódio nas condições físicas do solo, depende dos valores da CE das águas. Estes mesmos autores informam também, que águas com riscos moderados de causar sodicidade nos solos, por isso, não devem ser

utilizadas em solos de textura fina (argiloso) pois o conteúdo de sódio presente nessa classe de água representa um perigo considerável de dispersão com redução de permeabilidade, por outro lado, essas águas podem ser usadas em solos de textura grossa (arenosos) ou em solos orgânicos de boa permeabilidade.

No tocante a toxicidade por íons específicos (Figuras 5 a 7), segundo os limites estabelecidos por Ayers e Westcot (1991) a água do Rio Bodocongó possui grau de restrição elevado para a prática da irrigação, variando de médio a severo. Logo, sua utilização em plantios irrigados, requer a adoção de técnicas adequadas de manejo, visando o correto aproveitamento dos seus nutrientes, visando, um emprego sustentável, técnico e ambientalmente adequado, viabilizando seu uso.

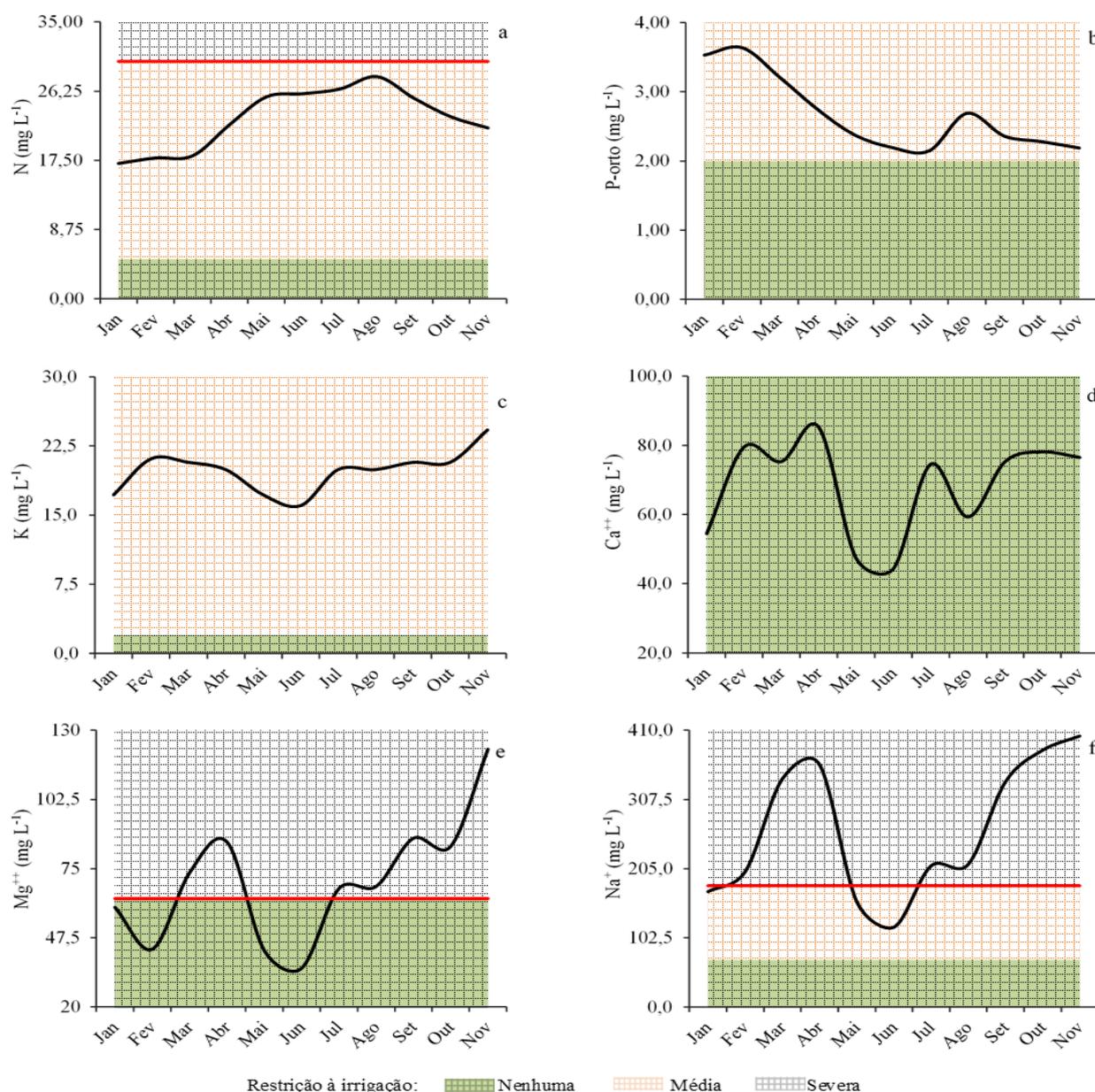


Figura 5. Teor de nitrogênio - N (a), fósforo - P (b) e potássio - K⁺ (c) Calcio - Ca⁺⁺ (d), magnésio - Mg⁺⁺ (e) e sódio - Na⁺ (f) na água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra

Observou-se que o teor de N ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) na água de irrigação foi, durante todo o período de estudo, superior ao valor de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de N ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$), considerado tolerável por Vieira e Ramos (1999) para irrigação (Figura 5a), o que a enquadra como imprópria para a produção de alimentos consumidos “in-natura”.

Outro dado importante, diz respeito às concentrações de P-orto, é que um indicador de contaminação da água causada pela ação antrópica (Figura 5b) foram mais concentrados nas amostras coletadas em janeiro e fevereiro ($3,53$ e $3,64 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). É possível que parte do P adicionado ao solo, pelas adubações química e/ou orgânica, frequentes em áreas agricultáveis que margeiam o Rio Bodocongó à montante da área experimental, tenha sido carregado para este, devido à lavagem da camada mais fértil, promovida pelas precipitações ocorridas na região de Queimadas e Campina Grande. De acordo com Toledo e Nicolella (2002) as chuvas promovem a lavagem dos solos e carregam para os corpos hídricos o material orgânico oriundo dos excrementos dos animais, os restos vegetais presentes na área e os nutrientes, aumentando o teor desses parâmetros no período chuvoso. Já D'Almeida et al. (2005) mencionam que a utilização de adubos como o superfosfato como fonte de macro nutriente às culturas contribuem para a presença desse íon na água de irrigação.

De modo contrário, o maior conteúdo de K^+ ($24,24 \text{ mg L}^{-1}$) foi encontrado em novembro (Figura 5c), período em que não se registraram chuvas no município de Queimadas. Como já mencionado anteriormente, a concentração desse elemento nos lançamentos domésticos, associado ao período seco da região, dificulta a diluição dos compostos na água. Isto se confirma pelas concentrações mais baixas deste elemento, observadas nos meses de maior precipitação, possivelmente, em decorrência do maior volume de água no Rio Bodocongó.

Embora os teores de P e K estejam acima dos valores normais para água de irrigação, que é de $0 - 2,0 \text{ mg L}^{-1}$ (FAO, 1973 e AYERS e WESTCOT, 1999). Sua presença na água utilizada para irrigação da bananeira é desejável; pois como a maioria dos solos brasileiros é pobre em P (MATOS et al., 2009) e como o K é o nutriente exigido em maior quantidade pela bananeira (SILVA et al., 2011; SILVA e CARVALHO, 2005) a aplicação de águas ricas nestes nutrientes poderá trazer benefícios à cultura. Trani (2001) argumenta que os valores máximos permissíveis K na água de irrigação, sem provocar perda de produtividade, estão entre $5,08$ e $100,07 \text{ mg L}^{-1}$.

As concentrações médias encontradas para os demais elementos Ca^{++} , Mg^{++} e Na^+ na água do Rio Bodocongó (Figuras 5d, 5e e 5f) indica que o primeiro foi mais concentrado nas amostras coletadas no mês de abril com $85,37 \text{ mg L}^{-1}$, os outros dois foram mais expressivos nas amostras de água coletadas em novembro com, respectivamente, $122,45$ e $401,38 \text{ mg L}^{-1}$ provavelmente, em função da alta concentração destes elementos contidos nos lançamentos domésticos, que

associado ao período seco da região, dificulta a diluição daqueles compostos na água, uma vez que, os menores conteúdos destes elementos foram observados nos meses de maior precipitações, possivelmente, em decorrência da maior diluição dos sais.

Cabe destacar que em meio as maiores e/ou menores concentrações dos elementos (Figura 5), os valores encontrados para o Ca na água de irrigação do Rio Bodocongó não representam nenhuma restrição para a bananeira, por estarem dentro da faixa considerada adequada por Vieira e Ramos (1999) que é de 20 a 100 mg L⁻¹. Por outro lado, o conteúdo de Mg⁺⁺ e Na⁺ foram, na maioria dos períodos analisados, superiores aos limites preconizados por Vieira e Ramos (1999) e Ayers e Westcot (1991), que é de 63,0 mg L⁻¹ para o Mg⁺⁺ e < 3,0 mmol L⁻¹ para o Na⁺, o que ao Rio Bodocongó grau de restrição severo para uso em irrigação; em vista disso, é preciso ter cautela ao se desenvolver irrigação com a água deste Rio, pois esses elementos são, também, transportados em grandes quantidades ao solo durante as irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados.

Ao se realizar fertirrigação, Lo Monaco (2005) destaca que na definição da dose a ser aplicada ao solo, a carga fornecida de elementos deverá ser considerada de forma a se prevenir risco de influências negativas sobre a disponibilidade de água no solo (diminuição do potencial osmótico) ou sobre a absorção de outros nutrientes, tal como o Ca⁺⁺ e o Mg⁺⁺, pelas plantas.

Em vista disso, a dose de aplicação desse efluente em fertirrigação deve, também, considerar a disponibilização de N_{total} no solo, de tal forma a se minimizarem os riscos ambientais dessa prática (MATOS, 2006).

Assim como o Cl⁻ os conteúdos de CO₃⁻ e HCO₃⁻ na água do Rio Bodocongó (Figuras 6a, 6b e 6c) foram mais expressivos nas amostras coletadas nos meses em que se registraram pouca ou nenhuma precipitação com, respectivamente, 27,12 mmol_c L⁻¹, 3,20 mmol_c L⁻¹ e 406,96 mg L⁻¹; enquanto as menores concentrações ocorreram, sobretudo, nas amostras coletas nos meses mais chuvosos. Esse fato remete ao entendimento de que as chuvas incidentes na região foram suficientes para promover efeito diluidor devido, principalmente, ao aumento do volume de água do Rio Bodocongó, o que favoreceu a redução do conteúdo iônico na água nos meses em que se registraram precipitações mais elevadas. Fato também verificado por Palacio et al. (2009) ao mencionarem em seus estudos que a diluição dos sais no período chuvoso é comum nas regiões semiáridas, visto que, as águas das chuvas possuem uma concentração salina de CE 0,05d Sm⁻¹.

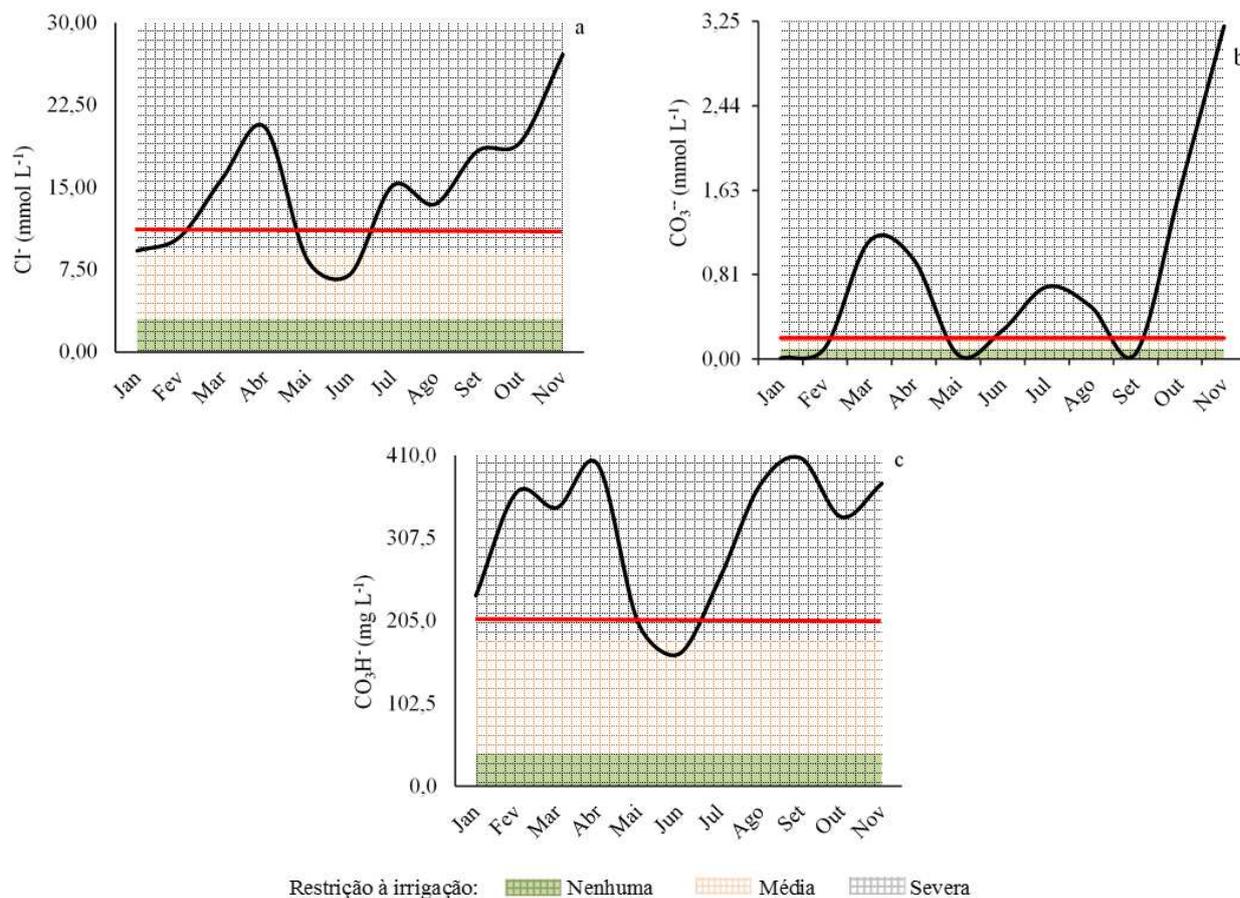


Figura 6. Teor de cloreto - Cl^- (a), carbonato - CO_3^{2-} (b) e bicarbonato - HCO_3^- (c) na água do Rio Bodocongó aplicada durante o 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' na Fazenda Ponta da Serra

Apesar das alterações ocorridas durante os períodos secos e chuvosos, segundo os padrões determinados por Ayers e Westcot (1999), os teores de Cl^- e HCO_3^- medidos na água aplicada à bananeira mantiveram-se nitidamente elevados ($>3,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para o Cl^- e $> 180 \text{ mg L}^{-1}$ para o HCO_3^-), sobretudo nas amostras de água coletadas nos períodos mais secos do ano, em que se observou grau de restrição mais acentuado para irrigação da bananeira na Fazenda Ponta da Serra.

No semiárido piauiense, Andrade Júnior et al. (2006) observaram que a água para irrigação possui moderada restrição quanto ao conteúdo de HCO_3^- e concentração de Cl^- que pode resultar em toxicidade às culturas mais sensíveis. Ayers e Westcot (1985) informam que a irrigação por aspersão favorece a absorção de Cl^- pelas folhas, potencializando o problema.

Embora se faça ausente em determinados períodos de monitoramento, quando presente na água de irrigação proveniente do Rio Bodocongó, os teores de CO_3^{2-} atingiram concentrações potencialmente prejudiciais ao solo e/ou à bananeira, especificamente, nas análises realizadas em novembro por superar o limite preconizado por Ayers e Westcot (1999), que é de $0,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, tornando-a inadequada para a irrigação da bananeira. É importante mencionar que as concentrações de CO_3^{2-} e HCO_3^- na água referem-se a parâmetros importantes na avaliação do

risco de sodificação do solo, visto que esses ânions, quando combinados com o Ca^{++} , formam CaCO_3 , um sal de baixa solubilidade (YARON, 1973). Desta forma, a precipitação do CaCO_3 retira da solução do solo parte do Ca^{++} , interferindo na RAS (ANDRADE JÚNIOR et al., 2006).

Os riscos a serem considerados quando se avalia a adequabilidade de determinada água para irrigação são principalmente aqueles relacionados à salinização, sodificação e alcalinização por carbonatos para o solo; aspectos tóxicos em relação a cloretos e sódio para as plantas e prejuízos ao sistema de irrigação pela alta concentração de sais de baixa solubilidade (FAO/UNESCO, 1973).

O conteúdo de sais na água empregada na irrigação tem grande variabilidade, dependendo do manancial em que é coletada e da formação geológica onde o mesmo está encravado, além de outros fatores ambientais que afetam diretamente os mananciais superficiais e, indiretamente, os aquíferos subsuperficiais (DAVIES e DE WIEST, 1966). A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais mas, também, pela composição individual dos íons presentes.

Tendo em vista a ocorrência de longos períodos de estiagem com consequente déficits hídricos para a bananeira, a prática da irrigação é indispensável para se obter produções satisfatórias em regiões inseridas nos domínios do semiárido. Contudo, a maior variação quantitativa e qualitativa do conteúdo de sais na água verificado na estação seca, face a maior evaporação neste período, pode ter influência direta na irrigação. Por constituir fator de salinização dos solos quando não manejada adequadamente (PIZARRO, 1985). Portanto, é imprescindível se realizar a avaliação qualitativa da água como medida preventiva dos processos de salinização dos solos decorrentes do acumulo gradativos de sais, por meio de irrigações sucessivas (HOLANDA e AMORIM, 1992).

A qualidade da água do Rio Bodocongó, quanto ao uso para irrigação, na Fazenda Ponta da Serra foi avaliada considerando-se a: Salinidade (C), Sodicidade (S) e Toxidade (T) de íons.

De conformidade com os resultados das análises químicas da água do Rio Bodocongó realizados durante a condução dos estudos e dos procedimentos adotados para classificação da água para irrigação (Item 3.2.2), é possível identificar na Tabela 6 que os valores de salinidade estimados pela condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e de sodicidade, avaliados pelo cálculo da RAS corrigida (RAS^o) possibilitou o enquadramento da água utilizada na irrigação na Fazenda Ponta da Serra em classes distintas, conforme as diferentes época de coleta e modelos de classificação de água para irrigação proposto pelo United States Salinity Laboratory - USSL (RICHARDS, 1954), University of California Committee of Consultantes - UCCC (PIZARRO, 1985) e Ayers e Westcot (1999).

Tabela 6. Classificação da água do Rio Bodocongó para irrigação, segundo critérios sugeridos por diferentes autores, empregando-se métodos alternativos de cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS) e classes de condutividade elétrica (CE)

Períodos	pH	CE _{ai} dS. m ⁻¹	Na ⁺	Ca ^o	Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS ^o	Classe ¹		
		 mmol _c L ⁻¹						USSL	UCCC	AW
Jan.	7,60	1,58	7,43	1,54	4,90	3,87	9,22	4,14	C ₃ S ₁ T ₂	C ₃ S ₁ T ₂	C ₂ S ₁ T ₂
Fev.	7,62	1,74	8,72	1,57	3,53	5,97	10,47	5,46	C ₃ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Mar.	7,57	1,89	14,70	1,40	6,03	5,66	15,80	7,63	C ₃ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Abr.	7,88	3,03	15,62	1,01	7,04	6,54	20,50	7,79	C ₄ S ₂ T ₂	C ₄ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂
Mai.	7,03	1,42	6,79	1,72	3,49	3,31	8,37	4,21	C ₃ S ₁ T ₂	C ₂ S ₁ T ₂	C ₂ S ₁ T ₂
Jun.	7,06	1,18	5,13	1,97	2,90	2,68	7,05	3,29	C ₃ S ₁ T ₂	C ₂ S ₁ T ₂	C ₂ S ₁ T ₂
Jul.	7,36	2,05	9,09	1,29	5,51	4,21	15,15	4,93	C ₃ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Ago.	7,50	2,04	9,18	1,39	5,58	6,12	13,47	4,92	C ₃ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Set.	7,39	2,60	14,50	1,12	7,16	6,67	18,32	7,13	C ₄ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Out.	7,70	2,64	16,54	1,08	6,89	5,47	19,10	8,29	C ₄ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂	C ₂ S ₂ T ₂
Nov.	8,6	3,69	17,46	0,91	10,07	6,15	27,12	7,45	C ₄ S ₂ T ₂	C ₄ S ₂ T ₂	C ₃ S ₂ T ₂

Em que: pH: potencial hidrogeniônico; CE_{ai}: condutividade elétrica da água de irrigação; Na⁺: sódio; Ca^o: cálcio corrigido; Mg⁺⁺: magnésio; HCO₃⁻: bicarbonato; Cl⁻: cloreto; RAS^o: razão de adsorção de sódio corrigida; ¹Classificação proposta pelo United States Salinity Laboratory - USSL (Richards, 1954); UCCC - University of California Committee of Consultantes (Pizarro, 1985); AW: Ayers e Westcot (1999) citado por Frenkel (1984).

Com base no modelo de classificação de água para irrigação adotados para este estudo, a água do Rio Bodocongó englobou as classes: C₃S₁T₂; C₃S₂T₂; C₄S₂T₂; C₂S₁T₂ e C₂S₂T₂ (Tabela 6). Além dos modelos de classificação de água para irrigação propostos, tal divergência provavelmente ocorreu em função das irregularidades pluviométricas observadas na região (Figura 3). Visto que não se observou qualquer alteração nos meses subsequentes ao período chuvoso.

Utilizando os valores de CE_{ai} e RAS^o, a água em estudo foi classificada quanto ao perigo de salinidade e sodicidade seguindo modelos distintos (Tabela 6), de acordo com as respectivas classificações propostas por Richards (1954) e Pizarro (1985) 27,3% e 9,1% das amostras analisadas se enquadram na classe C₃S₁T₂, ou seja, são águas de alta salinidade, baixa sodicidade e problema moderado de toxicidade; 36,4% e 54,5% das amostras analisadas são do tipo C₃S₂T₂ e C₄S₂T₂, neste caso são águas com salinidade alta, media sodicidade e com problema moderado de toxicidade; 36,4% e 18,2% são águas C₄S₂T₂, ou seja, águas de salinidade Muito alto, media sodicidade e com problema moderado de toxicidade às plantas.

De acordo com a classificação proposta por Ayers e Westcot (1999) 27,3% das amostras pertencem à categoria C₂S₁T₂ as quais são consideradas de média salinidade, baixa sodicidade e com problema moderado de toxicidade, portanto, mesma classificação obtida para 18,2% das amostras segundo critérios definidos por Pizarro (1985). Ainda conforme classificação proposta por Ayers e Westcot (1999) tem-se que 54,5% das amostras analisadas são do tipo C₂S₂T₂, portanto, são águas que possuem media salinidade, media concentração de sódio e com problema

moderado de toxicidade; 18,2% são águas do tipo $C_3S_2T_2$, ou seja, águas de salinidade alta, concentração de sódio e que representam moderada toxicidade às plantas.

Deduz-se, do exposto, que a água do Rio Bodocongó possui grau de restrição pela salinidade de média a muito alta, posto que a CE variou dentro dos limites estabelecidos pelos modelos de classificação utilizados neste estudo, cujos valores extremos vão desde 0,25 a 3,0 $dS.m^{-1}$. Quanto a sodicidade, se observam ligeiras modificações que refletem diretamente no enquadramento da água em diferentes classes de uso para fins de irrigação.

Isto ocorre possivelmente devido aos elevados teores de sais que, posteriormente, são transportados ao solo, via irrigação, acumulando-se na zona radicular das plantas devido a evaporação da água e/ou consumo pelas plantas, podendo acarretar danos ao solo e à cultura da bananeira. Uma vez que, para Richards (1954) e Orcutt e Nilsen (2000) os principais sais solúveis encontrados nos solos resultam da combinação dos ânions CO_3^- , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^- com os cátions Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ e Na^+ e o excesso desses sais, principalmente, Na^+ , proporcionam efeitos negativos, como a diminuição do potencial osmótico da solução do solo e a quebra da estrutura física do solo. Devido a isto, Morais et al. (1998) atenta para a necessidade de se aplicar água em volume maior que o requerido pelas plantas, principalmente no período vegetativo, para que esse excesso de água possa carrear os sais a profundidades fora do alcance do sistema radicular, não afetando assim as culturas.

Outro aspecto relevante, quando se deseja avaliar a qualidade da água para fins agronômicos e, mais especificamente, para uso na irrigação, diz respeito a sua composição iônica como mencionam Frota Júnior et al. (2007) e Barroso et al. (2011). Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo, pelo efeito direto na sodificação, e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (AYERS e WESTCOT, 1999; RICHARDS, 1995). O conteúdo de sais na água de irrigação tem grande influência nesse processo, em que a maior e/ou menor concentração é dependente da formação geológica onde o manancial se encontra e de fatores ambientais que os afetam diretamente (DAVIES e DE WIEST, 1966). Muito embora exista uma grande variação nas classificações de água para fins de irrigação, o equilíbrio iônico e a salinidade da água são fatores determinantes da sua qualidade (MAIA et al., 2001). O conhecimento das características qualitativas favorece à tomada de decisões quanto à sua utilização, pois, mesmo contendo baixo conteúdo iônico, pode ocorrer salinização e sodificação do solo, caso as irrigações não seja manejada corretamente (AYERS e WESTCOT, 1985).

Neste contexto, no que se refere à classificação iônica (Figura 7) constata-se que a água do Rio Bodocongó se enquadra, em sua totalidade, na classe de águas cloretada sódica, em que o sódio prevaleceu sobre os demais cátions e o cloreto sobre os demais ânions, independente do

período de avaliação. O que requer atenção ao se desenvolver irrigação com esta água, devido a concentração de sais elevadas.

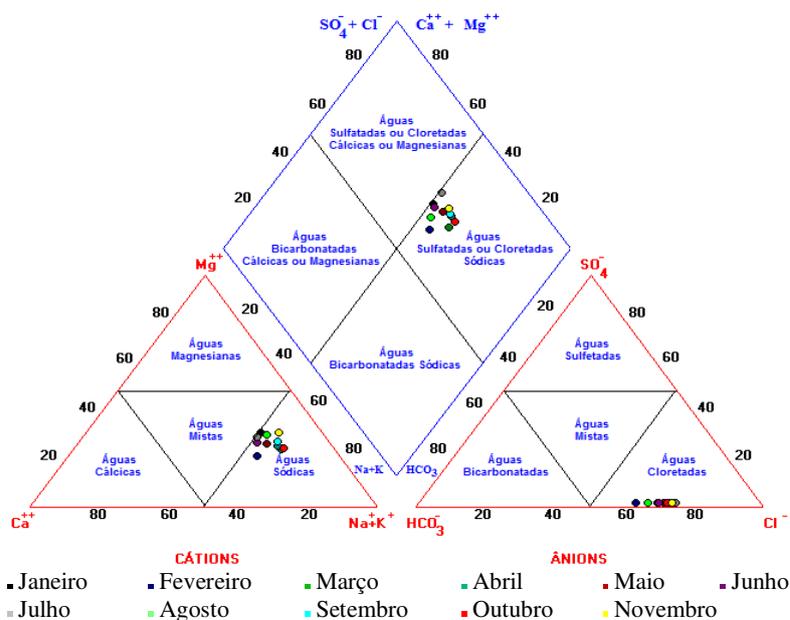


Figura 7. Classificação iônica da água do Rio Bodocongó nas diferentes época de amostragem

Ao considerar os cátions e/ou ânions individualmente, verifica-se que para os cátions, houve maior dispersão dos resultados, no entanto, em 100% dos casos há predominância de águas sódicas, já para os ânions, houve uma pequena dispersão dos resultados em que 100% das amostras foram classificadas como águas cloretadas.

Ao estudar a composição hidroquímica das águas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Andrade et al. (2010) também constataram predominância em 100% dos casos de águas sódicas e cloretadas. Em quanto que Lobato et al. (2008) o mesmo local e Barroso et al. (2011) na região Centro Sul do Estado do Ceará constataram que a água de irrigação foi predominantemente sódica. Já Frota Júnior (2006) constatou águas cloretadas no período seco, na bacia do Curu, Ceará.

Ainda que se observe maior dispersão das amostras em função das concentrações de cátions e ânions na água (Figura 7), esse comportamento pode ser atribuído às oscilações das concentrações dos íons na água do Rio Bodocongó, influenciado pelo regime das chuvas, na região, elevando e/ou reduzindo seus teores face à presença ou escassez de precipitações pluviométricas (Figura 3). Atestando os resultados obtidos por Lobato et al. (2008) ao estudarem a influência da sazonalidade climática sobre a qualidade da água do Distrito Irrigado Baixo Acaraú. Além de intensa evapotranspiração nas regiões áridas e semiáridas como mencionam Silva et al. (2011). Havendo, portanto, uma forte dependência da qualidade da água em relação à época de amostragem (Richards, 1954).

Contudo, apesar da péssima qualidade de suas águas, o rio é, às vezes, o único recurso hídrico disponível à população ribeirinha, que frequentemente, vem desenvolvendo irrigação irrestrita de culturas anuais, semiperenes e perenes, o que, evidencia o uso indireto de esgotos (MAGALHAES et al., 2002).

4. CONCLUSÕES

O aporte de nutrientes essenciais como N, P, e K provenientes da água do Rio Bodocongó, pode trazer benefício econômicos consideráveis, à exploração da bananeira 'Pacovan', por meio da diminuição da necessidade de aquisição e aplicação fertilizantes químicos.

A irrigação com água do Rio Bodocongó deve ser praticada com cautela, pois elevados teores de Na^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- e Cl^- são transportados ao solo, através das irrigações, o que a torna limitante para o uso continuado em sistemas produtivos irrigados.

A água do Rio Bodocongó se enquadra, em sua totalidade, na classe de águas cloretada sódica, independente do período de avaliação e da época do ano.

A água do Rio Bodocongó possui restrição elevada para a prática da irrigação, posto que, possui salinidade variando de média a muito alta, sodicidade baixa a média e toxicidade moderada às plantas. Sendo sua aplicação recomendada apenas a culturas com alta tolerância salina, desde que cultivadas em solos bem drenados, permeáveis e abundantemente irrigados.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. 1999. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**. Editora UFV, 1999. p. 25-32.
- ALVES, A. S.; LIMA, V. L. A.; FARIAS, M. S. S.; FIRMINO, M. C.; MEDEIROS, S. S. Desempenho germinativo de sementes de leucena: avaliação de substratos e lâminas de água. *Irriga, Botucatu*, v. 1, p. 105-119, 2012.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19 ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1995.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SILVA, Ê. F. F.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; LEAL, C. M. Uso e qualidade da água subterrânea para irrigação no Semi-Árido piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, n.4, p.873-880, 2006.
- ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; CRISOSTOMO, L. e A.; RODRIGUES, J. O.; CHAVES, L. C. G. Similaridade da composição hidroquímica das águas freáticas do perímetro irrigado do Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, RR, v. 4, n. 1, p. 11-19, jan-jun, 2010.
- ANTAS, F. P. S.; MORAIS, E. R. C. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Rio Açú- RN. **Holos**, Ano 27, Vol 4, 2011.
- AYERS, R. S. e WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. Gheyi, H. R.; Medeiros de, J. F.; Damasceno, F. V. A., Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29. Revisado 1.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water quality for agriculture. Rome: FAO, 1985. 174 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1).
- BARROSO, A. de A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. de O.; PALÁCIO, H. A. de Q.; LIMA, C. A. de. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.6, p.588–593, 2011.
- BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. Fertirrigação em fruteiras tropicais. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 138p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Legislação ambiental**. Resolução nº. 357 de 17 de Março de 2005, Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, pg. 58-63. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>. (acesso em janeiro de 2017).
- D'ALMEIDA, D. M. B. A.; Andrade, E. M.; Meireles, A. C. M.; Ness, R. L. L. Importância relativa dos íons na salinidade de um cambissolo na chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.3, p.615-621, 2005.
- DAMASCENO, L. M. O.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; DIAS, N. S.; FRANCO, J. L. D.; SILVA, Ê. F. F. Aspectos qualitativos da água do Rio Poty na região de Teresina, PI. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 139-148, jan-mar, 2010.
- DAVIES, S.N.; DeWIEST, R.J.M. Water Quality. In. DAVIES, S. N.; DeWIEST, R.J.M. Hydrogeology. New York, John Wiley & Sons, 1966. Chapter 4, p.96 - 128.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

ESTEVES, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. *Interciência*, Rio de Janeiro. 602 pp.

FAO/ UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Irrigation, drainage and salinity**: an international source book. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUIN, V. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, Brasília, v.43, n.11, p.1575-1581, nov. 2008.

FIGUEIREDO, V. B.; MEDEIROS, J. F.; ZOCOLER, J. L.; SOBRINHO, J. S. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 02, p.231-240, abr. 2009.

FROTA JÚNIOR, J. I.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; BEZERRA, A. M. E.; SOUZA, B. F. S. Influência antrópica na adição de sais no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu, Ceará. Revista Ciência Agronômica, v.38, n.2, p.142-148, 2007.

FROTA JÚNIOR, J. I. Variabilidade espacial e temporal da qualidade das águas no trecho perenizado da bacia hidrográfica do Curu, Ceará. Fortaleza: UFC, 2006. 101p. Dissertação Mestrado.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S. Parâmetros básicos para avaliação da qualidade das águas: análise e seu significado ambiental. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 32p.

HOLANDA, J. S., AMORIM, J. R. A., 1992. Qualidade da água para irrigação. EMPARN/ EMBRAPA, Natal, RN.

LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CRISOSTOMO, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 167-172, Jan.-Mar., 2008.

LO MONACO, P.A. Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Viçosa: DEA/UFV, 2005. 96p. (Tese de Doutorado).

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 937-943, 2010.

MAGALHAES, N. F.; CEBALLOS, B. S. O.; NUNES, A. B. A.; GHEYI, H. R.; KONIG, A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2002, vol.6, n.1, pp. 128-135. ISSN 1807-1929.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R.C.; OLIVEIRA, M. Classificação da composição iônica da água de irrigação usando regressão linear múltipla. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. vol.5 no.1 Campina Grande Jan./Apr. 2001.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; FIA, R.; MATOS, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. Engenharia na agricultura, viçosa - mg, v.17, n.5, p. 383 – 391, Setembro/Outubro 2009.

MATOS, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais, DEA/UFV, 2006. 141p. (Caderno Didático, 38).

- MELO, J. G.; MEDEIROS, A. B.; VASCONCELOS, M. B.; CASTRO, V. L. L. Aspectos hidrogeoquímicos e classes de água do aquífero Cárstico Jandaíra para irrigação, Baraúna, RN. *Águas Subterrâneas*, v.21, n.1, p.9-21, 2007.
- MORAIS, E. R. C.; MAIA, C. E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da escola superior de agricultura de Mossoró, Mossoró-RN. *Caatinga*, Mossoró-RN, 11(1/2):75-83, dez. 1998.
- MORAIS, F. A.; GURGEL, M. T.; OLIVEIRA, F. H. T.; MOTA, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. *Rev. Ciênc. Agron.* [online]. 2011, vol.42, n.2, pp. 327-336. ISSN 1806-6690.
- MOTA, S. *Gestão dos recursos hídricos – 3 ed.* Rio de Janeiro: ABES, 2008.
- NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; RUIZ, H. A.; BEIRIGO, R. M.; BONCOMPANI, A. L. P. Características químicas de solos da região de Janaúba, MG, irrigados com água de poços tubulares e do Rio Gorutuba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.227-236, 2008.
- ORCUTT, D. M.; NILSEN, E, T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors.** New York : John Wiley and Sons, 2000.
- PALACIO, H. A. Q.; Andrade, E. M.; Lopes, F. B.; Alexandre, D. M. B.; Arraes, F. D. D. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. *Cienc. Rural*, vol.39, n.9, pp. 2494-2500, 2009. ISSN 1678-4596.
- PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos.* 2.ed. Madrid: Editorial Española S.A., 1985.
- RANGEL, A.; PENTEADO, L. A.; TET, R. M. **Micronutrientes para a bananeira.** 2007. Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/plantas_frutiferas/micronutri._banana.php. Acesso em: 12 novembro de 2016.
- REIS, C. F.; VILAS BOAS, M. A.; MERCANTE, E.; HERMES, E.; REISDORFER, M. Avaliação da qualidade da água para irrigação em Salto do Lontra-PR. *Engenharia Ambiental*. Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 069-078, jan. /mar . 2011.
- RHOADES, J.D., KANDIAH, A., MASHAL, A.M. The use of saline water for crop production. Rome: FAO, 133p. (FAO:Irrigation and Drainage Paper, 48), 1992.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.* Washington, DC: United States Salinity Laboratory Staff, USDA, (Agriculture Handbook, 60). 1954. 160p.
- RICHARDS, R.A. Improving crop production on salt affected soils: by breeding or management? *Expl. Agric.* Vol. 31, p. 395 – 408, 1995.
- SANO, E. E.; LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. OLIVEIRA, E. C.; Estimativa da variação na demanda de água para irrigação por pivô central no distrito federal entre 1992 e 2002. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 02, p.508-515, ago. 2005.
- SILVA, A. P. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 33, n. 6, p. 1063-1069, 2009.
- SILVA, Í. N.; FONTES, L. O.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, J. B.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade de água na irrigação. *ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.07, n 03 julho/setembro, p. 01 – 15, 2011.

- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. Informe agropecuário, 20:21-36, 1999.
- SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. Ciência e agrotecnologia. vol. 29, n. 4, pp. 731-739, 2005.
- SILVA, W. P.; ALMEIDA, C. D. G. C.; ROLIM, M. M. R.; SILVA, Ê. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, V. G. F. Monitoramento da salinidade de águas subterrâneas em várzea cultivada com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.18, n.4, p.394-401, 2014.
- SOARES, N. S. C.; CEBALLOS, B. S. O.; OLIVEIRA, É. M.; KÖNIG, A. M. Distribuição espaço temporal de bactérias indicadoras De contaminação e vírus num riacho do trópico semiárido. In: 210Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 2001, João Pessoa. **Anais eletrônicos do 21 Congresso da ABES**. Rio de Janeiro: ABES, v.1, p.1-9, 2001.
- SOUZA, C. F.; BACICURINSKI, I.; SILVA, Ê. F. F. Avaliação da qualidade da água do rio Paraíba do Sul no município de Taubaté – SP. Revista Biociências, UNITAU. v.16, n.1, 2010.
- SRINIVASAN, J. T., REDDY, V. R. Impact of irrigation water quality on human health: a case study in India. Ecological economics, Hyderabad, n.101, p.2800-2807,2009.
- SUAREZ, D. L. Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage Waters. Soil Sci. Soc. Amer. J., 45: 469-75, 1981.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agrícola, v.59, n.1, p.181-186, 2002.
- TRANI, P. E. Hortaliças folhosas e condimentos. In: PEREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p.293-310, 2001.
- VIEIRA, R. F.; RAMOS, M. M. Fertirrigação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- WATER RESEARCH COUNCIL. Irrigation-induced water quality problems: what can be learned from the San Joaquin Valley experience. Washington: National Research Council, 1989. 157p.
- YARON, B. Water suitability for irrigation. In: YARON, E.; DANFORS, E.; VAADID, Y. (eds.). Arid zone irrigation. Berlin: SpringerVerlag, 1973. p.71-85. Ecological Studies, 5.
- ZONN, S.V. Saline (halomorphic) soils. In: ZONN, S.V. Tropical and subtropical soil science. Moscow: Mir Publishers, 1986. Chapter 5 p. 365-379.

Aaron de Sousa Alves

DIAGNOSE NUTRICIONAL, PELO MÉTODO DRIS, DE BANANEIRA FERTIRRIGADA COM NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

RESUMO: A grande massa vegetativa produzida e as elevadas quantidades de elementos absorvidos e exportados pelos frutos fazem da bananeira uma planta exigente em nutrientes. Neste contexto, avaliaram-se os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, utilizando o método DRIS - Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação para interpretação das análises foliares. Foram testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Os diagnósticos do estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’ elaborados a partir do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS foram averiguados em dois ciclos produtivos. Assim, com os resultados obtidos, verificou-se que este método mostrou-se consistente em avaliar os efeitos da aplicação de N e K, via água superficial poluída, constatando-se, dentre outros aspectos, que o P foi limitante por excesso, o S conferiu à bananeira ‘Pacovan’ limitações por deficiência, em ambos os ciclos estudados e que equilíbrio nutricional de N e K no 2º ciclo e N e Fe no 3º ciclo, foi verificado em plantas fertirrigadas com 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹. Também, produtividades equivalentes a 14,2 t ha⁻¹ no 2º ciclo e 24,3 t ha⁻¹ no 3º ciclo, atingiu o melhor equilíbrio nutricional com a aplicação de 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹. Tem-se, ainda, que o aporte de nutrientes essenciais provenientes da água do Rio Bodocongó, principalmente, N e K permitiram reduzir as quantidades dos fertilizantes nitrogenado e potássico, sem prejuízo ao estado nutricional da cultura.

Palavras-chave: Nutrição da bananeira, fertirrigação, nutrientes foliares

NUTRITIONAL DIAGNOSIS, BY THE DRIS METHOD, OF NITROGEN AND POTASSIUM FERTIRRIGATED BANANEAN BY POLLUTED SURFACE WATER

ABSTRACT: The large vegetative mass produced and the high amounts of elements absorbed and exported by the fruits make the banana a plant demanding in nutrients. In this context, the effects of fertirrigation with different nitrogen and potassium doses, via low-quality water of the Bodocongó River, on the nutritional status of the 'Pacovan' banana tree were evaluated using the DRIS - Integrated Diagnosis and Recommendation System for the interpretation of Leaf analyzes. Two factors were tested. Nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of ammonium sulfate) and Potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of potassium chloride), in the block design with treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme, with three replications. The diagnoses of the nutritional status of the 'Pacovan' banana plant elaborated from the Integrated System of Diagnosis and Recommendation - DRIS were investigated in two productive cycles. Thus, with the results obtained, it was verified that this method proved to be consistent in evaluating the effects of the application of N and K, through polluted surface water, being verified, among other aspects, that the P was limiting by excess, the S conferred to the banana 'Pacovan' deficiency limitations in both cycles studied and that nutritional balance of N and K in the second cycle and N and Fe in the third cycle was verified in fertigated plants with 19 kg of K ha⁻¹ and 15 Kg of N ha⁻¹. Productivity equivalent to 14.2 t ha⁻¹ in the second cycle and 24.3 t ha⁻¹ in the third cycle, reached the best nutritional balance with the application of 19 kg of K ha⁻¹ and 15 kg of N ha⁻¹. The contribution of essential nutrients from the water of the Bodocongó River, mainly N and K, allowed to reduce the amount of nitrogen and potassium fertilizers, without prejudice to the nutritional status of the crop.

Key words: Banana nutrition, fertirrigation, foliar nutrients

1. INTRODUÇÃO

A expansão da fruticultura brasileira vem intensificando a busca por métodos de produção mais eficientes e seguros, principalmente nas regiões onde as precipitações pluviométricas são insuficientes para suprir as necessidades hídricas das culturas, sobretudo no Nordeste brasileiro e particularmente nos polos de agricultura irrigada. Esta região vem despontando como um grande polo frutícola do Brasil, sendo a cultura da banana sua principal atividade, sendo responsável por cerca de 35,80% da produção nacional (SANTOS et al., 2009). O que corresponde a aproximadamente 2,92 milhões de toneladas (SENA, 2011). Na Paraíba, a bananeira é cultivada em todo o Estado, abrangendo as Mesorregiões da Mata, Agreste Borborema e Sertão paraibano (LOPES et al. 2008). Cujas, área colhida em 2002 foi de aproximadamente 17 mil hectares com rendimento médio de 16,9 t ha⁻¹ (LOPES e ALBUQUERQUE, 2004).

Na região Nordeste a fruticultura apoia-se em condições climáticas singulares, combinando as constâncias de calor e insolação com as baixas umidade relativa do ar registradas (LIMA e MIRANDA, 2001). Neste contexto, a irrigação é imprescindível para o incremento da produção nos bananais, sendo que 44% destes são irrigados com águas que contêm, em sua composição, elevado teor de bicarbonatos (CODEVASF, 1999), que eleva o pH do solo, proporcionando complicações no estado nutricional dos bananais (SILVA et al., 2001).

O estudo da nutrição de plantas fornece subsídios ao entendimento de processos aos vegetais quer sejam os mecanismos de absorção e translocação, as funções, as exigências nutricionais, os teores foliares adequados e os distúrbios nutricionais advindos de quantidades inferior e/ou superior àquela demandada pela cultura (ROZANE et al., 2008). O conhecimento do estado nutricional da cultura pode fornecer subsídios para a identificação de carências ou excessos, antes da expressão na forma de sintomas, isto possibilita a correção de desordens preliminarmente à ocorrência de prejuízos futuros (DONATO et al., 2010).

Sabe-se que a análise química do solo e a diagnose visual, são insuficientes para garantir o adequado acompanhamento do estado nutricional da bananeira. Contudo, em complemento com a análise química do tecido foliar, constitui ferramenta indispensável, pois reflete a dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta. Logo, as interpretações dos resultados são, de todo modo, realizadas com base em padrões nutricionais, e pode ser efetivada com o emprego de diversas metodologias (CANTARUTTI et al., 2007).

Dentro dessa perspectiva, o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é uma metodologia utilizada para interpretar a análise de tecidos vegetais (SILVA et al., 2007). Possivelmente mais eficiente para revelar desequilíbrios nutricionais e mais robusta em relação a

variações na amostragem como idade da planta e época de amostragem (TEIXEIRA et al., 2002), segundo o qual, são utilizadas relações entre as concentrações foliares dos nutrientes para interpretar os resultados de análise de tecido (BEAUFILS, 1973).

Essa metodologia tem recebido considerável atenção desde seu desenvolvimento por Beaufils (1973). De posse dos valores dos índices DRIS é possível realizar comparações múltiplas entre os nutrientes que integra esta comparação em uma série de índices de nutrientes (WALWORTH et al., 1986). Tratando-se de uma metodologia holística que visa averiguar nutrientes excessivos (índices positivos), adequados (índice zero) ou deficientes (índices negativos). De acordo com Wadt (1996) as relações bivariadas entre os teores dos nutrientes, conjecturadas pelo método DRIS são as melhores indicadoras do desequilíbrio nutricional.

Neste sentido, é comum se encontrar, na literatura especializadas, estudos que demonstrem a natureza dinâmica de nutrientes como constituinte do tecido vegetal, decorrentes de fatores como idade da planta (BEVERLY, 1993), condições de clima (WALWORTH e SUMNER, 1987) e solo (KURIHARA, 2004). Ainda assim, cabe ressaltar que variações no teor de um nutriente pode influenciar tanto o teor de outro nutriente presente no tecido vegetal, quanto seu valor crítico (BAILEY et al., 1997). Assim, a necessidade de uma combinação específica entre nutrientes, visando a obtenção de cultivos nutricionalmente equilibrados, tem sido frequentemente considerada em métodos como o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) conforme mencionam Wadt et al., 1999; Silva, 2001 e Kurihara, 2004.

Portanto, o correto diagnóstico dos fatores nutricionais limitantes à produtividade da bananeira sugere um manejo mais adequado da cultura no campo e, por conseguinte, pode levar à redução dos custos da sua exploração, na medida em que possibilita maior eficácia na intervenção sobre o sistema. Contudo, dada à relevância desta temática avaliaram-se os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, utilizando o método DRIS - Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação para interpretação das análises foliares.

2. MATERIAL E METODOS

Os diagnósticos do estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’ elaborados a partir do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação - DRIS foram averiguados em meio aos efeitos da fertirrigação com N e K, em dois ciclos produtivos da cultura. Para tal, nos 2º e 3º ciclos da cultura, foi coletada a 3ª folha verdadeira, a partir do ápice das plantas úteis, avaliadas em cada parcela experimental. A retirada das folhas ocorreu com a utilização de ferramentas específicas,

cortando-as na porção mediana do pecíolo, de baixo para cima. Em plantas, cuja, inflorescência se encontrava no estágio intermediário entre sua emissão e no máximo com todas as pencas femininas descobertas.

Por ocasião da coleta, as folhas foram devidamente identificadas conforme cada tratamento e preservadas intactas. Uma vez coletadas, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Em cada folha foram extraídos, com o auxílio de um vazador manual de formato circular com 9,0 cm de diâmetro, 20 discos, de várias partes do limbo das 3^a folhas coletadas, eliminando-se a nervura central, conforme recomendações da norma internacional (MARTIN-PRÉVEL, 1984).

Os discos foliares foram previamente limpos com algodão embebido em água destilada e, posteriormente, acondicionados em sacos de papel limpos, devidamente etiquetados, contendo as informações de cada amostra e postos para secar em estufa de circulação forçada a 65 °C até atingirem peso constante. Decorrido tempo suficiente para secagem, os discos foliares foram triturados em moinho do tipo Wiley contendo peneira com malhas de 20 mesh e armazenado em frascos hermeticamente fechados, devidamente identificados e encaminhados ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas-SP, onde se procedeu a análise química das amostras, segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Para determinados os teores foliares dos macronutrientes Nitrogênio (N); Fósforo (P) e Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e dos micronutrientes Ferro (Fe); Zinco (Zn); Cobre (Cu); Manganês (Mn); Boro (B); Sódio (Na) e Cloro (Cl) o material vegetal, após seco e moído, foi sub-metido à digestão nitroperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959).

Também se estimou a produtividade da bananeira ‘Pacovan’ ($t\ ha^{-1}$) a partir de frutos coletados em cachos colhidos nas plantas úteis avaliadas em cada parcela experimental, em que, o ponto de colheita foi determinado com base na aparência destes, segundo o estado de maturação fisiológica dos mesmos. Durante as colheitas, ainda em campo, foi realizado o cômputo do número de pencas comerciais produzidas em cada cacho e do total de frutos encontrados nas pencas localizadas na porção superior, central e inferior dos cachos.

Por ocasião da contagem das pencas e frutos, coletou-se, uma amostra composta por 09 frutos, retirados, no total de três frutos situados na porção intermediária das pencas localizadas na porção superior, central e inferior dos cachos. Após a coleta, os frutos foram acondicionados, separadamente, em sacos plásticos, devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Onde foi obtida a massa média dos frutos (g) em balança analítica, tomando-se o valor médio obtido com as

pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária das pencas superior, central e inferior de cada cacho.

De posse das médias obtidas com as pesagens dos frutos, do número de pencas comerciais produzidas em cada cacho e do total de frutos encontrados nas pencas localizadas na porção superior, central e inferior dos cachos foi estimada massa média dos cachos, cujos, resultados foram expressos em kg.

A Produtividade da cultura foi estimada a partir dos dados de peso médio dos cachos (kg) e da disposição das plantas no espaçamento em fileiras duplas (4,0 m x 2,0 m x 2,0 m), sendo os resultados expressos em t ha⁻¹, conforme equação a seguir.

$$PC \text{ (tha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{PMC}{[(EF_d + EF_p) \cdot 0,5] \cdot E_p} \right) \cdot f$$

Em que: PC = produtividade da cultura (t ha⁻¹)

PMC = Peso médio do cacho (kg)

EF_d = espaçamento entre as fileiras duplas (m)

EF_p = espaçamento entre as fileiras de plantas (m)

E_p = espaçamento entre plantas (m)

f = 10 - constante definida pela dedução da formula

No que se refere ao Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para diagnose do estado nutricional da bananeira, Wadt et al. (2012), Parent et al. (1994) sugerem que a definição de equilíbrio nutricional da cultura deve considerar, além dos conceitos fisiológicos, a composição nutricional de tecidos vegetais, tão somente representadas pelos teores de macro e micronutrientes associados ao teor dos demais componentes da matéria seca.

Assim, de posse das informações dos respectivos teores foliares dos nutrientes obtidos com as análises laboratoriais foi montado um banco de dados com estas informações, segundo o qual se calculou a média e o coeficiente de variação para todas as possíveis relações entre nutrientes, determinando-se as normas DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação), segundo metodologia descrita por Beaufils (1973). Tais normas foram utilizadas para calcular os índices DRIS nas amostras foliares coletadas e, estes, para avaliar o estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, cultivada na Fazenda Ponta da Serra, nos dois ciclos de produção, identificando-se os nutrientes mais limitantes para a cultura.

Assim, de posse das informações dos teores foliares dos macros e micronutrientes obtidos com as análises laboratoriais foram determinadas as normas DRIS, discriminadas pelos valores

médios das concentrações dos nutrientes e das relações das concentrações destes com seus respectivos coeficientes de variação e desvios padrões, considerando todas as relações binárias possíveis, tanto na ordem direta quanto na ordem inversa (BEAUFILS, 1973, WALWORTH e SUMNER, 1987; RAIJ, 1991), entre os nutrientes foliares N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, B, Cl, Mn e Zn, obtidos nas análises laboratoriais e analisados de acordo com as diferentes doses de N e K aplicados via água de irrigação por meio da formula:

$$\text{Índice A} = \frac{Z\left(\frac{A}{B}\right) + Z\left(\frac{A}{C}\right) + \dots + Z\left(\frac{A}{N}\right) - Z\left(\frac{B}{A}\right) - Z\left(\frac{C}{A}\right) - \dots - Z\left(\frac{N}{A}\right)}{2(n - 1)}$$

$Z\left(\frac{A}{B}\right)$ até $Z\left(\frac{N}{A}\right)$ São as relações normais reduzidas diretas e inversas dos teores de todos os nutrientes em relação ao nutriente A, determinados pela análise foliar;
 $n - 1$ é o número de relações possíveis.

Anteriormente à comparação propriamente dita entre as relações das variáveis definidas pelas amostras em análise e aquelas obtidas pelas normas de referência, faz-se necessário transformar os dados das relações por meio das funções reduzidas. Tais funções foram calculadas levando em consideração a maior ou menor relação de nutrientes da amostra em relação aos nutrientes definidos na população de referência ($A/B > a/b$ ou $A/B < a/b$), conforme procedimento definido por Beaufils (1973). Assim, o cálculo das funções das relações entre os nutrientes A e B da amostra foi definido pelo quociente entre os teores dos nutrientes A e B da amostra em análise/interpretação (A/B) e a média da razão dos nutrientes A e B da população de referência (a/b); multiplicado pela relação entre o coeficiente de sensibilidade (Kt), definido aqui pela de constante arbitrária 10, e o coeficiente de variação da razão dos nutrientes A e B da população de referência, que satisfaz definido nível mínimo de padrão de nutriente foliar ou produtividade, ou seja:

$$Z(A/B) \left(\frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \cdot \frac{Kt}{CV.(a/b)} \quad \text{Se } (A/B) > (a/b)$$

$$Z(A/B) \left(1 - \frac{A/B}{a/b} \right) \cdot \frac{Kt}{CV.(a/b)} \quad \text{Se } (A/B) < (a/b)$$

Este método, segundo Beaufils (1973) tem sido apontado como uma alternativa à interpretação do estado nutricional de plantas utilizando níveis críticos, apontando como vantagens o fato de minimizar os efeitos de diluição e de concentração por meio do uso do quociente entre o teor de dois nutrientes e por informar a ordem de requerimento ou de deficiência nutricional.

Sabe-se que os índices DRIS geram valores que podem alternar de negativos a positivos, logo, para a condição de equilíbrio nutricional, índices negativos indicam tendência de deficiências nutricionais; já índices positivos assinalam que há tendência de excesso de nutrientes; enquanto índices com valor zero, simbolizam equilíbrio nutricional. O que torna possível averiguar a ordem dos nutrientes limitantes à produtividade da bananeira ‘Pacovan’ na Fazenda Ponta da Serra.

Em termos práticos, esses índices necessariamente não precisam conter valor zero, mas, sim, estarem próximos a este, representando um intervalo dentro do qual se indicaria um relativo equilíbrio nutricional da cultura. Entretanto, Terra et al. (2007), abordam que os índices mais negativos e, os mais positivos requerem maior importância na recomendação da adubação. Para Jones (1981) respostas na produtividade podem ser esperadas sempre que o índice DRIS de um nutriente for negativo, em que, a magnitude da resposta dependerá de outros fatores, como o grau de deficiência do nutriente, presença de outros nutrientes deficientes e estresses ambientais.

Neste contexto, para interpretação dos índices DRIS obtidos, incorporou-se o conceito do potencial de resposta à adubação segundo metodologia descrita por Wadt (2005), cujos, critérios foram adaptados ao contexto das estratégias, estrutura e forma organizacional esta pesquisa. As informações foram agrupadas e analisadas à amplitude das informações nutricionais definidas para a bananeira ‘Pacovan’, indicada pelos teores foliares dos nutrientes.

Esta situação foi analisada por meio dos: Índice de Balanço Nutricional (IBN) e Índice de Balanço Nutricional médio (IBN_m) os quais, permitem averiguar situações em que ocorram equilíbrio e/ou desequilíbrio nutricional da cultura; o primeiro corresponde à soma aritmética, em módulo, dos valores dos índices DRIS, obtidos para cada nutriente foliar; o segundo, corresponde ao quociente entre o somatório dos valores absolutos dos índices DRIS e a totalidade dos nutrientes envolvidos, que, neste estudo, corresponde a 13, para verificar o balanço nutricional global dos tratamentos frente a resposta da aplicação de N e K via fertirrigação. Dessa maneira, pôde-se estabelecer critérios para interpretar os valores dos índices DRIS em relação ao estado nutricional da bananeira de acordo com as fórmulas:

$$IBN = (|\text{Índice}_N| + |\text{Índice}_P| + |\text{Índice}_K| + \dots + |\text{Índice}_{Zn}|)$$

$$IBN_m = \frac{(|\text{Índice}_N| + |\text{Índice}_P| + |\text{Índice}_K| + \dots + |\text{Índice}_{Zn}|)}{n}$$

Assim, valores de Índices DRIS associados à faixa de equilíbrio representada pelo IBNm (-8,26 a 8,26) correspondem aos teores adequados, conforme recomendado por Beaufils (1973). Dessa forma, adotaram-se três categorias para o estado nutricional, com base no valor do índice

DRIS dos nutrientes analisados, em módulo comparado ao índice de balanço nutricional médio (IBNm): limitante por deficiência para nutrientes com índice DRIS negativo e, em módulo, menor que IBN_m (-8,26); limitante por excesso para aqueles nutrientes, cujo, valor do índice DRIS encontra-se positivo e, em módulo, maior que IBN_m (8,26) e adequado para nutrientes com índice DRIS negativo ou positivo, porém, em módulo, com valor associado ao intervalo de referência entre -8,26 a 8,26.

Os critérios utilizados para se avaliar o estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’ foram determinados para cada nutriente, considerando as doses dos fertilizantes nitrogenados e potássicos fornecidos por meio das fertirrigações, desenvolvidas na Fazenda Ponta da Serra, seguindo o delineamento adotado neste estudo, em que, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de significância. A análise de regressão foi utilizada para ajustar um modelo em que se relacionam os índices DRIS dos macros e micronutrientes nas folhas e nos frutos, a produtividade e os componentes de produção da bananeira ‘Pacovan’ com a doses de N e K que proporcionou índice DRIS nulo, que corresponde ao melhor equilíbrio nutricional da cultura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados (Tabelas 7 e 8) permitiu identificar que os teores dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e dos micronutrientes: Sódio (Na), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Boro (B), Cloro (Cl), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) nas folhas da bananeira ‘Pacovan’ sofreram influências significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) das doses de N e K fornecidos à cultura, verificando-se efeitos isolados e da interação entre os fatores.

No 2º ciclo da bananeira ocorreu efeito significativo ($p < 0,01$) das doses de N sobre os teores foliares de P, K, Ca, Mg e S; no 3º ciclo foram observados efeitos significativos ($p < 0,01$) em todos os nutrientes analisados. Com exceção do conteúdo de S no 2º, e do P no 3º ciclo, os tratamentos com K influenciaram os teores foliares dos demais macronutrientes. Ao se analisar a interação N x K foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) sobre os teores foliares de S no 2º, e de Mg no 3º ciclo; os demais macronutrientes analisados foram significativamente influenciados ($p < 0,01$) nos dois ciclos da cultura (Tabelas 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

2º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrogênio	3	2,623 ^{ns}	0,269 ^{**}	146,939 ^{**}	17,716 ^{**}	5,709 ^{**}	0,272 ^{**}
Regressão Linear	1	5,168 ^{ns}	0,779 ^{**}	209,871 ^{**}	24,557 ^{**}	5,284 ^{**}	0,204 [*]
Regressão Quadrática	1	0,227 ^{ns}	0,019 ^{ns}	159,761 ^{**}	27,679 ^{**}	10,632 ^{**}	0,156 [*]
Regressão Cúbica	1	2,472 ^{ns}	0,010 ^{ns}	71,188 ^{**}	0,911 ^{ns}	1,214 [*]	0,458 ^{**}
Potássio	3	40,107 ^{**}	0,081 ^{**}	2,657 ^{**}	7,923 ^{**}	1,185 ^{**}	0,045 ^{ns}
Regressão Linear	1	109,431 ^{**}	0,242 ^{**}	5,319 ^{**}	1,811 ^{ns}	0,729 ^{ns}	0,061 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	5,3467 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,207 ^{ns}	4,055 [*]	1,398 [*]	0,009 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	5,545 ^{ns}	0,001 ^{ns}	2,443 [*]	17,903 ^{**}	1,428 [*]	0,064 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	31,236 ^{**}	0,169 ^{**}	14,374 ^{**}	10,009 ^{**}	1,329 ^{**}	0,085 [*]
Bloco	2	1,119 ^{ns}	0,372 ^{ns}	1,288 ^{ns}	1,507 ^{ns}	3,534 ^{ns}	0,159 ^{ns}
Resíduo	30	8,671	0,014	0,501	0,675	0,251	0,038
CV (%)		16,84	8,18	2,61	8,03	9,92	15,14

3º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrogênio	3	46,414 ^{**}	0,203 ^{**}	111,678 ^{**}	18,439 ^{**}	3,266 ^{**}	0,218 ^{**}
Regressão Linear	1	47,981 ^{**}	0,527 ^{**}	67,384 ^{**}	15,652 ^{**}	0,151 ^{ns}	0,298 ^{**}
Regressão Quadrática	1	57,488 ^{**}	0,053 ^{ns}	87,399 ^{**}	1,768 ^{ns}	3,814 [*]	0,196 ^{**}
Regressão Cúbica	1	33,772 ^{**}	0,028 ^{ns}	180,249 ^{**}	37,898 ^{**}	5,832 ^{**}	0,159 ^{**}
Potássio	3	4,619 ^{**}	0,025 ^{ns}	72,287 ^{**}	25,475 ^{**}	4,911 ^{**}	0,014 [*]
Regressão Linear	1	0,804 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	1,266 ^{ns}	0,038 ^{ns}	0,567 ^{ns}	0,013 [*]
Regressão Quadrática	1	12,762 ^{**}	0,061 ^{ns}	153,261 ^{**}	49,389 ^{**}	14,095 ^{**}	0,022 [*]
Regressão Cúbica	1	0,292 ^{ns}	0,013 ^{ns}	62,332 ^{**}	26,994 ^{**}	0,074 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	4,985 ^{**}	0,045 ^{**}	26,064 ^{**}	19,937 ^{**}	1,849 [*]	0,032 ^{**}
Bloco	2	2,184 ^{ns}	0,185 ^{ns}	17,893 ^{ns}	4,951 ^{ns}	0,902 ^{ns}	0,118
Resíduo	30	0,879	0,021	4,182	1,311	0,704	0,004
CV (%)		6,31	11,19	7,6	10,67	16,42	5,31

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo.

Quanto aos teores de Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Boro (B), Cloro (Cl) e Sódio (Na) nas folhas, órgão que melhor define o estado nutricional da bananeira, a análise de variância dos dados (Tabela 8) facilitou discernir que houve efeito significativo ($p < 0,01$) das doses de N sobre todos os micronutrientes analisados no 2º e 3º ciclo da bananeira. As doses de K influenciaram significativamente ($p < 0,01$) a totalidade dos elementos em ambos os ciclos estudados. A interação N x K exerceu efeito significativo ($p < 0,01$) sobre os teores foliares dos micronutrientes analisados no 2º e 3º ciclo. Ressalta-se que variações dos teores foliares dos nutrientes podem ser decorrentes dos processos de acumulação e mobilidade dos nutrientes dentro da planta (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para os teores foliares de Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

2º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Fe	Cu	Zn	Mn	B	Cl	Na
Nitrogênio	3	596,764**	1,915**	3,264**	9758,219**	43,130**	7843910,267**	5,383**
Regressão Linear	1	208,190**	0,391**	1,639**	2147,239**	0,564 ^{ns}	966445,033**	2,104**
Regressão Quadrática	1	530,869**	3,292**	7,513**	7327,751**	3,371**	22561450,567**	0,322*
Regressão Cúbica	1	1051,231**	2,059**	0,639*	19799,669**	125,455**	3835,201 ^{ns}	13,724**
Potássio	3	40,572**	0,344**	3,789**	1926,648**	97,575**	30322727,262**	0,631**
Regressão Linear	1	4,382**	0,397**	2,938**	514,479**	5,081**	56148283,014**	0,756**
Regressão Quadrática	1	48,542**	0,601**	6,114**	747,262**	6,931**	10321405,567**	0,685**
Regressão Cúbica	1	68,790**	0,034 ^{ns}	2,311**	4518,201**	280,714**	24498493,206**	0,451*
Nitrogênio x Potássio	9	252,976**	0,295**	6,174**	2124,117**	14,359**	20183349,202**	1,208**
Bloco	2	0,137 ^{ns}	1,464 ^{ns}	2,081 ^{ns}	1,423 ^{ns}	9,211 ^{ns}	485275,942 ^{ns}	0,422 ^{ns}
Resíduo	30	0,493	0,047	0,088	7,693	0,261	83008,029	0,064
CV (%)		1,36	7,88	4,99	2,65	2,08	1,79	19,22

3º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Fe	Cu	Zn	Mn	B	Cl	Na
Nitrogênio	3	1068,449**	1,555**	14,102**	8854,554**	44,096**	19533621,887**	0,231**
Regressão Linear	1	533,449**	1,404**	25,605**	13381,462**	52,006**	21876458,986**	0,227**
Regressão Quadrática	1	269,469**	2,765**	14,752**	6176,672**	30,817**	1610218,172**	0,013*
Regressão Cúbica	1	2402,425**	0,497**	1,949**	7005,529**	49,468**	35114188,504**	0,454**
Potássio	3	245,858**	0,279**	4,495**	1347,861**	6,353**	44181537,617**	0,079**
Regressão Linear	1	695,744**	0,514**	1,257*	3028,009**	18,649**	62404723,489**	0,141**
Regressão Quadrática	1	35,656**	0,073 ^{ns}	11,732**	936,157**	0,288 ^{ns}	62318571,527**	0,001 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	6,173 ^{ns}	0,253*	0,494 ^{ns}	79,419**	0,121 ^{ns}	7821317,836**	0,098**
Nitrogênio x Potássio	9	287,896**	0,269**	2,099**	613,308**	21,190**	30002331,267**	0,231**
Bloco	2	0,192 ^{ns}	0,815 ^{ns}	0,084 ^{ns}	1,216 ^{ns}	0,008 ^{ns}	25234,117 ^{ns}	0,181 ^{ns}
Resíduo	30	2,729	0,039	0,251	3,219	1,479	84324,739	0,003
CV (%)		3,03	9,36	9,47	2,09	6,51	1,51	8,71

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo.

O teor foliar de N aumentou significativamente em correspondência ao incremento das doses de N aplicadas no 2º e 3º ciclo da bananeira, ajustando-se ao modelo linear (Tabela 9); similarmente, o conteúdo de N nas folhas foi influenciado pelas doses de K, porém com os dados ajustando-se ao modelo linear no 2º e quadrático no 3º ciclo (Tabela 9).

Os efeitos significativos da interação N x K exprimiram que os teores de N nas folhas foram 20,23 e 15,82 g kg⁻¹ determinados, respectivamente, nos tratamentos sem adubação no 2º ciclo; e nas plantas fertirrigadas com 300 kg de N ha⁻¹ e 110,71 kg de K ha⁻¹ no 3º ciclo (Tabela 9). O teor máximo de P nas folhas da bananeira variou de 1,42 a 1,70 g kg⁻¹ sendo, respectivamente, afetado pela combinação da maior dosagem de N e 222,2 e 320,0 kg de K ha⁻¹ nos 3º e 2º ciclos (Tabela 9). Os, respectivos, teores foliares máximos de K verificados nos 2º e 3º ciclos da bananeira (29,46 e 38,02 g kg⁻¹) foram obtidos nas combinações 203,5 kg de N ha⁻¹ e 251,3 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo; e nas bananeiras fertirrigadas com 217,5 kg de N ha⁻¹ na ausência de K no 3º ciclo (Tabela 9).

Tabela 9. Equações e coeficientes de determinação para os teores foliares de macro e de micronutrientes nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Eixos ¹		2º ciclo			3º ciclo		
X	Y	NF ²	Equação	R ²	Equação	R ²	
N	K	N	$\hat{y} = 20,2319 + 0,0069^{**}N - 0,0126^{**}K - 0,000025^{**}NK$	0,83	$\hat{y} = 14,5196 - 0,00051^{**}N + 0,00465^{**}K - 0,000021^{**}K^2 + 0,000036^{**}NK$	0,65	
N	K	P	$\hat{y} = 1,2469 + 0,0021^{**}N + 0,0008^{**}K - 0,0000018^{**}K^2 - 0,000004^{**}NK$	0,67	$\hat{y} = 1,088 + 0,00122^{**}N + 0,000832^{**}K - 0,0000013^{**}K^2 - 0,00000173^{**}NK$	0,61	
N	K	K	$\hat{y} = 20,6936 + 0,0814^{**}N - 0,0002^{**}N^2 + 0,0201^{**}K - 0,00004^{**}K^2 - 0,00004^{**}NK$	0,70	$\hat{y} = 23,00228 + 0,06918^{**}N - 0,000159^{**}N^2 + 0,011003^{**}K - 0,000059^{**}NK$	0,75	
N	K	Ca	$\hat{y} = 11,4231 - 0,0125^{**}N + 0,0079^{**}K - 0,00003^{**}K^2 + 0,00003^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 9,679525 - 0,00024^{**}N + 0,018124^{**}K - 0,000048^{**}K^2 + 0,000025^{**}NK$	0,60	
N	K	Mg	$\hat{y} = 5,4694 - 0,0053^{**}N + 0,0048^{**}K - 0,00002^{**}K^2 + 0,00002^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 4,98798 - 0,003879^{**}N + 0,00924^{**}K - 0,000024^{**}K^2 + 0,000015^{**}NK$	0,61	
N	K	S	$\hat{y} = 1,1424 + 0,0011^{**}N + 0,00068^{**}K - 0,000002^{**}K^2 - 0,000002^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 1,04 + 0,00033^{**}N + 0,00044^{**}K - 0,0000016^{**}K^2 + 0,0000014^{**}NK$	0,60	
N	K	Na	$\hat{y} = 746,15 + 2,5002^{**}N - 0,0082^{**}N^2 + 4,2868^{**}K - 0,0097^{**}K^2 + 0,0082^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 660,5225 - 0,6774^{**}N + 1,11315^{**}K - 0,0029083^{**}K^2 + 0,003114^{**}NK$	0,61	
N	K	Cu	$\hat{y} = 2,4295 + 0,0011^{**}N + 0,0049^{**}K - 0,0000086^{**}K^2 - 0,0000083^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 2,4584 - 0,00172^{**}N + 0,000552^{**}K - 0,0000031^{**}K^2 + 0,00000084^{**}NK$	0,60	
N	K	Fe	$\hat{y} = 49,3389 + 0,0082^{**}N + 0,0268^{**}K - 0,000085^{**}K^2 - 0,000068^{**}NK$	0,60	$\hat{y} = 48,6533 + 0,005588^{**}N + 0,006549^{**}K + 0,000108^{**}NK$	0,67	
N	K	B	$\hat{y} = 26,2071 - 0,0081^{**}N + 0,0122^{**}K - 0,000063^{**}K^2 + 0,000066^{**}NK$	0,61	$\hat{y} = 18,5965 - 0,00436^{**}N - 0,005397^{**}K + 0,000065^{**}NK$	0,63	
N	K	Cl	$\hat{y} = 17212,994 - 20,3543^{**}N + 4,1433^{**}K - 0,0221^{**}K^2 + 0,0820675^{**}NK$	0,65	$\hat{y} = 19409,985 - 13,7174^{**}N + 6,5253^{**}K - 0,034089^{**}K^2 + 0,090226^{**}NK$	0,64	
N	K	Mn	$\hat{y} = 90,5889 + 0,0785^{**}N + 0,1741^{**}K - 0,00019^{**}K^2 - 0,00063^{**}NK$	0,61	$\hat{y} = 120,1106 - 0,139194^{**}N - 0,036309^{**}K - 0,0001118^{**}NK$	0,61	
N	K	Zn	$\hat{y} = 6,3592 - 0,00209^{**}N + 0,00482^{**}K - 0,000023^{**}K^2 + 0,000017^{**}NK$	0,63	$\hat{y} = 7,6616 - 0,01164^{**}N - 0,005683^{**}K + 0,0000225^{**}NK$	0,60	

¹X e Y corresponde às doses aplicadas de N e K em kg ha⁻¹; ²NF refere-se aos nutrientes foliares.

O N e K interagiram significativamente com o teor foliar de Ca, proporcionando concentrações foliares da ordem de 11,28 g kg⁻¹ em bananeiras que não receberam N e sim a dosagem equivalente a 131,7 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo; e as combinações 300 kg de N ha⁻¹ e 188,8 kg de K ha⁻¹ no 3º ciclo (Tabela 9). Os maiores conteúdos de Mg foliar (5,76 e 5,88 g kg⁻¹) ocorreram, respectivamente, nas plantas fertirrigadas com 120 e 192,5 kg de K ha⁻¹, sem o fornecimento de N nos 2º e 3º ciclos (Tabela 9). O teor de S nas folhas foi no máximo 1,43 e 1,14 g kg⁻¹, respectivamente, na combinação da maior dosagem de N e 170,0 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo; e ao se fornecer 100 kg de N ha⁻¹ e 137,5 kg de K ha⁻¹ no 3º ciclo (Tabela 9).

Ocorreu uma relação direta entre teores foliares de N e as doses fornecidas via fertirrigação nos dois ciclos da bananeira, fato já bastante abordado na literatura a exemplo de Silva et al. (2003), Crisostomo et al. (2008), Souza et al. (2014); porém o que chama a atenção é a redução do conteúdo de N, P e S foliar no 3º ciclo em relação ao 2º, que de maneira geral foi, respectivamente, 4,41; 0,28 e 0,29 g kg⁻¹ menor. Estes decréscimos observados, neste estudo, podem ser conexos ao efeito de diluição, em virtude do maior acúmulo de biomassa fresca e emissão de rebentos durante o 3º ciclo da cultura. Neste sentido, Maia et al. (2005) e Carmo et al. (2011) também verificaram que o teor de N no tecido foliar de melão e abobora, respectivamente, diminuiu linearmente com a idade da planta.

Cavalcante et al. (2005) ao estudarem a interdependência na absorção e redistribuição de P entre planta mãe e filha de bananeira, mencionaram ininterrupta translocação de P entre plantas

mãe e filha. Em estudo sobre acúmulo de nutrientes pelas bananeiras cv. Prata e Grande Naine, Soares et al. (2008) observaram que o P foi o macronutriente menos absorvido (24,9 e 23,9 kg ha⁻¹, respectivamente), sendo exportado pelos frutos em pequenas quantidades (3,2 e 7,9 kg ha⁻¹).

Os evidentes acréscimos de 8,56; 0,79 e 0,12 g kg⁻¹ nos teores foliares de K, Ca e Mg observados no 3º ciclo, remetem a um acúmulo acentuado, que pode ter sido causado devido à disponibilidade natural desses nutrientes na água do Rio Bodocongó e que, por conseguinte foram transportados ao solo por meio das irrigações, suprindo, em parte, a demanda da bananeira. Neste estudo, contudo, não é possível precisar efetivamente, esse suprimento, embora haja indicativos de elevadas quantidades desses nutrientes na água do Rio Bodocongó.

O teor de Na nas folhas, em vista das doses de N e K aplicadas às bananeiras no 2º ciclo foi mais elevado (1686,59 mg kg⁻¹) quando se utilizou 152,5 kg de N ha⁻¹ e 221 kg de K ha⁻¹; no 3º ciclo, o maior teor foliar de Na (767,04 mg kg⁻¹) foi alcançado com a aplicação de 191,4 kg de K ha⁻¹ sem a utilização de N. O teor foliar de Cu foi 3,13 e 2,48 mg kg⁻¹, respectivamente, ao se aplicar 284,88 e 89,03 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N nos 2º e 3º ciclos (Tabela 9). Do mesmo modo, o teor de Fe nas folhas variou de 51,45 e 67,86 mg kg⁻¹, respectivamente, ao se aplicar 157,6 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N no 2º ciclo; e com a aplicação das maiores doses de N e K no 3º ciclo (Tabela 9).

Acredita-se que os conteúdos de Na encontrados nas folhas da bananeira advêm do seu aporte ao solo por meio das irrigações, visto que, a água do Rio Bodocongó possui elevadas quantidades desse elemento em sua composição. Sendo o Na muito solúvel e disponível no solo, as plantas o absorveram em grande quantidade (Oliveira et al., 2013). A presença do Na, na água de irrigação foi também relatada por Carvalho et al. (2002) como a principal causa para o aumento verificado nos teores foliares destes elementos, com o aumento da irrigação.

Estima-se que ao se aplicar 96,8 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N no 2º ciclo; e as maiores doses de N e K no 3º ciclo, o teor de B nas folhas foi, respectivamente, 26,8 e 23,63 mg kg⁻¹ (Tabela 9). As concentrações máximas de Cl nas folhas (17407,19 e 19722,25 mg kg⁻¹) ocorreram nas bananeiras fertirrigadas com 93,7 e 95,7 kg de K ha⁻¹ sem a adição do N, respectivamente, nos 2º e 3º ciclos (Tabela 9).

Em meio aos efeitos significativos percebe-se, uma possível inibição da absorção de B na presença de níveis mais elevados de N; provavelmente devido à inibição promovida pelos íons NO₃⁻ e NH₄⁺ (MALAVOLTA et al., 1989). Há que se considerar, também, que doses mais elevadas de K pode causar a inibição da absorção de B, como relatam Flora et al. (2010).

Comparado ao período anterior foi verificado, no 3º ciclo, um acréscimo do teor de Cl nas folhas de 2315,06 mg kg⁻¹; o que possivelmente decorre da disponibilidade desse micronutriente

às plantas, que pode ter sido motivado em meio aos aportes do Cl contido na água de irrigação e pela utilização do KCl como fonte de K, uma vez que, este fertilizante possui 45% de Cl em sua composição. Sobre esse aspecto, Antas e Morais (2011) destacam que este íon não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com a água, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. E se sua concentração excede a tolerância da planta, ocorrem danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas. Segundo Ayers e Westcot (1999), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação. Segundo Paula et. al. (2005), este fato é agravado ainda mais nas regiões de clima mais quente, onde as condições ambientais favorecem à alta transpiração.

Os maiores conteúdos de Mn (130,47 e 120,11 mg kg⁻¹) foram obtidos, respectivamente, na maior dosagem de K sem o fornecimento de N no 2º ciclo; e nos tratamentos sem adubação no 3º ciclo (Tabela 9). O N e K interagiram com o teor de Zn nas folhas, sendo os maiores conteúdos (6,61 e 7,66 mg kg⁻¹) obtidos, respectivamente, nas plantas que receberam 104,8 kg de K ha⁻¹ na ausência de N no 2º ciclo; e nos tratamentos sem adubação no 3º ciclo (Tabela 9).

Tais resultados revelam a ocorrência de condições desfavoráveis à absorção do Mn, possivelmente devido a uma baixa disponibilidade no solo, resultando em menor absorção pelas raízes com efeito da sua concentração na folha, visto que, no ciclo seguinte, o teor de Mn nas folhas da bananeira foi aproximadamente de 10,36 mg kg⁻¹ menor. Podendo-se inferir, portanto, que a absorção desse micronutriente é um processo determinado, em maior grau, pela sua própria atividade (disponibilidade na zona de absorção) como mencionam Leite et al. (2003). Lopes (1998) relatam que menor absorção de Mn pode ocorrer como consequência de um desequilíbrio com outros nutrientes como o Ca, o Mg e Fe. Quanto ao Zn, Dordas et al. (2001) informam que mesmo sob condições de suprimento normal desse micronutriente, apenas uma pequena porção pode ser retranslocada no floema. Rodrigues et al (2007) relatam que baixas concentrações foliares de Zn são comuns na região Norte de Minas Gerais, mesmo associados às altas concentrações de Zn no solo, indicando restrição na disponibilidade desse nutriente para as plantas.

Na Tabela 10, podem ser observados os diagnósticos nutricionais para a interação N x K elaborados a partir das médias dos teores foliares dos nutrientes obtidos em meio às doses de N e K aplicados à bananeira 'Pacovan' via fertirrigação.

De acordo com Baldock e Schulte (1996) o índice DRIS quando negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo; e quando positivo, indica que o nutriente está acima do nível ótimo. Logo, valores negativos, indicam deficiências, ao passo que valores positivos, indicam excesso de nutrientes, em relação aos demais.

Tabela 10. Diagnóstico do estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’, por meio do DRIS, nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

K (kg ha ⁻¹)	Índices DRIS - 2º ciclo													IBNm	Ordem de limitação nutricional	
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	B	Cl	Mn	Zn		Por deficiência	Por excesso
..... 0 kg de N ha ⁻¹																
0	0,02	20,2	-0,17	9,91	2,33	-21,2	-3,17	-10,3	-0,27	6,65	2,18	-2,03	-5,1	6,42	S>Cu>Zn>Na>Mn>Fe>K	P>Ca>B>Mg>Cl>N
150	-0,27	16,5	0,13	8,85	2,27	-17,4	-2,19	-8,45	-0,28	6,18	1,74	-1,62	-5,12	5,46	S>Cu>Zn>Na>Mn>Fe>N	P>Ca>B>Mg>Cl>K
300	-0,56	12,81	0,43	7,8	2,21	-13,6	-2,06	-7,13	-0,3	6,13	1,61	-1,21	-5,79	4,74	S>Cu>Zn>Na>Mn>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
450	-0,85	9,11	0,73	6,74	2,16	-9,8	-2,78	-6,33	-0,31	6,49	1,78	-0,8	-7,11	4,23	S>Zn>Cu>Na>N>Mn>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
..... 100 kg de N ha ⁻¹																
0	0,08	31,55	0,54	8,1	1,83	-32,02	-2,58	-8,64	-0,23	6,3	1,63	-1,75	-5,2	7,73	S>Cu>Zn>Na>Mn>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K>N
150	-0,31	23,76	0,77	7,99	1,82	-24,27	-1,43	-7,84	-0,22	5,97	1,36	-1,64	-5,04	6,34	S>Cu>Zn>Mn>Na>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
300	-0,7	15,96	0,99	7,87	1,82	-16,52	-1,14	-7,56	-0,22	6,06	1,38	-1,53	-5,53	5,17	S>Cu>Zn>Mn>Na>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
450	-1,08	8,16	1,21	7,76	1,81	-8,77	-1,7	-7,81	-0,21	6,56	1,72	-1,42	-6,67	4,22	S>Cu>Zn>Na>Mn>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
..... 200 kg de N ha ⁻¹																
0	0,14	42,91	0,84	6,29	1,32	-42,84	-2,46	-6,98	-0,2	6,11	1,26	-1,48	-5,3	9,09	S>Cu>Zn>Na>Mn>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K>N
150	-0,34	31,01	0,98	7,12	1,37	-31,14	-1,14	-7,22	-0,17	5,93	1,15	-1,67	-4,95	7,25	S>Cu>Zn>Mn>Na>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
300	-0,83	19,11	1,13	7,95	1,42	-19,44	-0,68	-7,99	-0,14	6,15	1,34	-1,85	-5,27	5,64	S>Cu>Zn>Mn>Na>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
450	-1,31	7,21	1,27	8,78	1,47	-7,74	-1,08	-9,29	-0,11	6,79	1,84	-2,03	-6,23	4,24	Cu>S>Zn>Mn>N>Na>Fe	Ca>P>B>Cl>Mg>K
..... 300 kg de N ha ⁻¹																
0	0,20	54,26	0,71	4,48	0,82	-53,66	-2,8	-5,32	-0,16	6,09	1,06	-1,21	-5,39	10,48	S>Zn>Cu>Na>Mn>Fe	P>B>Ca>Cl>Mg>K>N
150	-0,38	38,26	0,78	6,25	0,92	-38,01	-1,32	-6,61	-0,11	6,04	1,12	-1,69	-4,87	8,18	S>Cu>Zn>Mn>Na>N>Fe	P>Ca>B>Cl>Mg>K
300	-0,96	22,26	0,85	8,03	1,02	-22,36	-0,69	-8,43	-0,05	6,41	1,47	-2,17	-5	6,13	S>Cu>Zn>Mn>N>Na>Fe	P>Ca>B>Cl>Mg>K
450	-1,54	6,26	0,92	9,81	1,12	-6,7	-0,92	-10,77	-0,01	7,18	2,14	-2,65	-5,79	4,29	Cu>S>Zn>Mn>N>Na>Fe	Ca>B>P>Cl>Mg>K
K (kg ha ⁻¹)	Índices DRIS - 3º ciclo													IBNm	Ordem de limitação nutricional	
	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	B	Cl	Mn	Zn		Por deficiência	Por excesso
..... 0 kg de N ha ⁻¹																
0	-0,64	6,30	0,77	8,38	2,39	-10,06	-3,46	-8,78	-0,43	3,83	2,22	-1,1	-9,56	4,45	S>Zn>Cu>Na>Mn>N>Fe	Ca>P>B>Mg>Cl>K
150	-0,99	23,71	1,04	9,59	2,56	-22,26	-3,14	-8,89	-0,22	5,36	2,39	-1,12	-2,30	6,43	S>Cu>Na>Zn>Mn>N>Fe	P>Ca>B>Mg>Cl>K
300	-1,35	41,12	1,31	9,19	2,37	-39,73	-3,41	-8,99	-0,01	6,89	2,57	-1,15	-0,44	9,12	S>Cu>Na>N>Mn>Zn>Fe	P>Ca>B>Cl>Mg>K
450	-1,70	58,53	1,57	7,16	1,82	-62,46	-4,26	-9,1	0,19	8,43	2,74	-1,17	-3,98	12,55	S>Cu>Na>Zn>N>Mn	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe
..... 100 kg de N ha ⁻¹																
0	-0,8	22,15	1,26	9,10	2,13	-25,32	-4,09	-9,78	-0,21	2,90	2,54	-1,44	-1,67	6,41	S>Cu>Na>Zn>Mn>N>Fe	P>Ca>B>Cl>Mg>K
150	-0,83	29,92	1,51	11,28	2,64	-27,77	-3,45	-10,4	0,00	8,80	2,77	-1,73	-0,26	7,80	S>Cu>Na>Mn>N>Zn	P>Ca>B>Cl>Mg>K
300	-0,86	37,69	1,76	11,83	2,78	-35,49	-3,4	-11,03	0,21	14,7	3,00	-2,03	-4,25	9,92	S>Cu>Zn>Na>Mn>N	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe
450	-0,89	45,47	2,01	10,77	2,56	-48,47	-3,93	-11,66	0,42	20,59	3,23	-2,32	-13,64	12,77	S>Zn>Cu>Na>Mn>N	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe
..... 200 kg de N ha ⁻¹																
0	-0,95	37,99	1,59	9,83	1,87	-40,81	-4,73	-10,78	0,02	1,98	2,86	-1,78	-0,37	8,89	S>Cu>Na>Mn>N>Zn	P>Ca>Cl>B>Mg>K>Fe
150	-0,66	36,13	1,83	12,96	2,71	-33,51	-3,77	-11,92	0,23	12,24	3,14	-2,34	-4,81	9,71	S>Cu>Zn>Na>Mn>N	P>Ca>B>Cl>Mg>K>Fe
300	-0,37	34,26	2,06	14,48	3,19	-31,48	-3,39	-13,07	0,44	22,5	3,43	-2,9	-14,65	11,25	S>Zn>Cu>Na>Mn>N	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe
450	-0,07	32,4	2,3	14,37	3,31	-34,71	-3,6	-14,21	0,65	32,76	3,72	-3,47	-29,89	13,5	S>Zn>Cu>Na>Mn>N	B>P>Ca>Cl>Mg>K>Fe
..... 300 kg de N ha ⁻¹																
0	-1,11	53,84	1,78	10,56	1,61	-56,53	-5,36	-11,77	0,25	1,05	3,18	-2,11	-5,67	11,91	S>Cu>Zn>Na>Mn>N	P>Ca>Cl>K>Mg>B>Fe
150	-0,49	42,34	2,00	14,65	2,79	-39,48	-4,08	-13,44	0,46	15,68	3,52	-2,95	-15,96	12,14	S>Zn>Cu>Na>Mn>N	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe
300	0,12	30,84	2,22	17,13	3,6	-27,7	-3,39	-15,11	0,66	30,31	3,86	-3,78	-31,65	13,11	Zn>S>Cu>Mn>Na	P>B>Ca>Cl>Mg>K>Fe>N
450	0,74	19,33	2,45	17,98	4,05	-21,18	-3,28	-16,77	0,87	44,93	4,2	-4,62	-52,74	14,86	Zn>S>Cu>Mn>Na	B>P>Ca>Cl>Mg>K>Fe>N

Pode-se analisar que os índices DRIS oscilaram entre os tratamentos testados, indicando a influência das doses de N e K na dinâmica nutricional e, conseqüentemente, na produtividade da cultura. Tendo em vista que dentre os nutrientes foliares, houve alteração entre índices positivos e negativos, em que foram observadas, no 2º ciclo, variações dos índices DRIS de N e K sobrevivendo deficiência (índice -1,5 e -0,17, respectivamente) e excesso (índice 0,20 e 1,27, respectivamente) passando pelo índice nulo. Os teores foliares de S, Na, Cu, Fe, Mn e Zn foram, em sua totalidade, deficientes representados por índices DRIS negativos, ao passo que P, Ca, Mg, B e Cl mantiveram-

se excessivos atestados por índices positivos independente das doses de N e K aplicadas (Tabela 10). No 3º ciclo, somente os teores foliares de N e Fe oscilaram entre deficiente (índices -1,70 e -0,43, respectivamente) e excessivo (índice 0,74 e 0,87, respectivamente), passando pelo índice nulo. Os demais nutrientes foliares mantiveram-se deficientes, expondo índices negativos, como S, Na, Cu, Mn e Zn; ou excessivos, indicados por índices positivos, como o P, K, Ca, Mg, B e Cl (Tabela 10).

Os nutrientes P, Ca, Mg, B e Cl no 2º ciclo e P, K, Ca, Mg, B e Cl no 3º ciclo podem estar sendo aplicados em excesso, quando se adicionam água de irrigação fertilizante contendo K, ou quando não complementados proporcionalmente pelos demais nutrientes. Os Índices de Balanço Nutricional – IBN (Tabela 10), resultantes da soma dos valores absolutos dos índices DRIS encontrados para cada nutriente considerando as diferentes doses de N e K, indicam que quanto menores forem, melhor será o estado nutricional da bananeira.

Em ambos os ciclos estudados, o P foi o nutriente absorvido em maior quantidade, exibindo, no 2º ciclo, índices que lhe confere excesso (20,2; 31,55; 42,91 e 54,26), em que, se observa aumentos em correspondência ao incremento das doses de N aplicadas. No 3º ciclo, índices excessivos de P (58,53 e 45,47) foram observados nos tratamentos que receberam conjuntamente, via fertirrigação, as doses equivalentes a 450 kg de K ha⁻¹ e 0 e 100 kg de N ha⁻¹. Assim como, naqueles tratamentos que receberam apenas N nas doses correspondentes a 200 e 300 kg de N ha⁻¹, com respectivamente 37,99 e 53,84 (Tabela 10).

Dentre os nutrientes que se apresentaram deficientes (Tabela 10), o S foi o mais limitante, com os maiores índices negativos. No 2º ciclo, a aplicação de doses crescentes de N induziu à menor absorção desse nutriente pela bananeira ‘Pacovan’, como consequência tem-se um maior déficit evidenciado pelos índices DRIS (-21,2; -32,02; -42,84; -53,66). No 3º ciclo, deficiências de S (-62,46; -48,47) ocorreram nos tratamentos que receberam conjuntamente 450 kg de K ha⁻¹, e 0 e 100 kg de N ha⁻¹, via fertirrigação. E nos tratamentos que receberam exclusivamente 200 e 300 kg de N ha⁻¹ com os respectivos índices DRIS -40,81; -56,53 (Tabela 10).

Correntemente assume-se a correlação produção e teor de nutriente na planta como critério para se realizar diagnose nutricional de culturas. Segundo Silva et al. (2007) ao haver correlação entre nutriente na planta e índices DRIS, estes critérios podem ser aplicado para diagnose nutricional. Este relacionamento também foi utilizado interpretação do estado nutricional de bananeiras por Teixeira et al (2007). Assim, para condições de equilíbrio nutricional, ou seja, para índices DRIS mais próximos de zero (WALWORTH e SUMMER, 1987), se utilizou o princípio da associação entre o teor do nutriente foliar e seu respectivo índice DRIS (WADT et al., 1998), para a determinação do teor ótimo dos nutrientes foliares em relação ao ponto de equilíbrio

nutricional da bananeira ‘Pacovan’. Esta relação, de acordo com Silva et al. (2007) se constitui em forte argumento para se utilizar a análise de plantas como critério de diagnóstico.

Nas Figuras 8 e 9 têm-se os modelos estatísticos que melhor descrevem as relações entre índices DRIS e os teores foliares dos macros e dos micronutrientes obtidos em meio às fertirrigações com N e K. Na qual é possível observar uma relação significativa ($p < 0,01$) entre os teores foliares de nutrientes e seus respectivos Índices DRIS, demonstrando que este índice foi fortemente dependente da concentração do nutriente na folha. Assim, tem-se que tais índices são úteis ao se efetuar a diagnose nutricional.

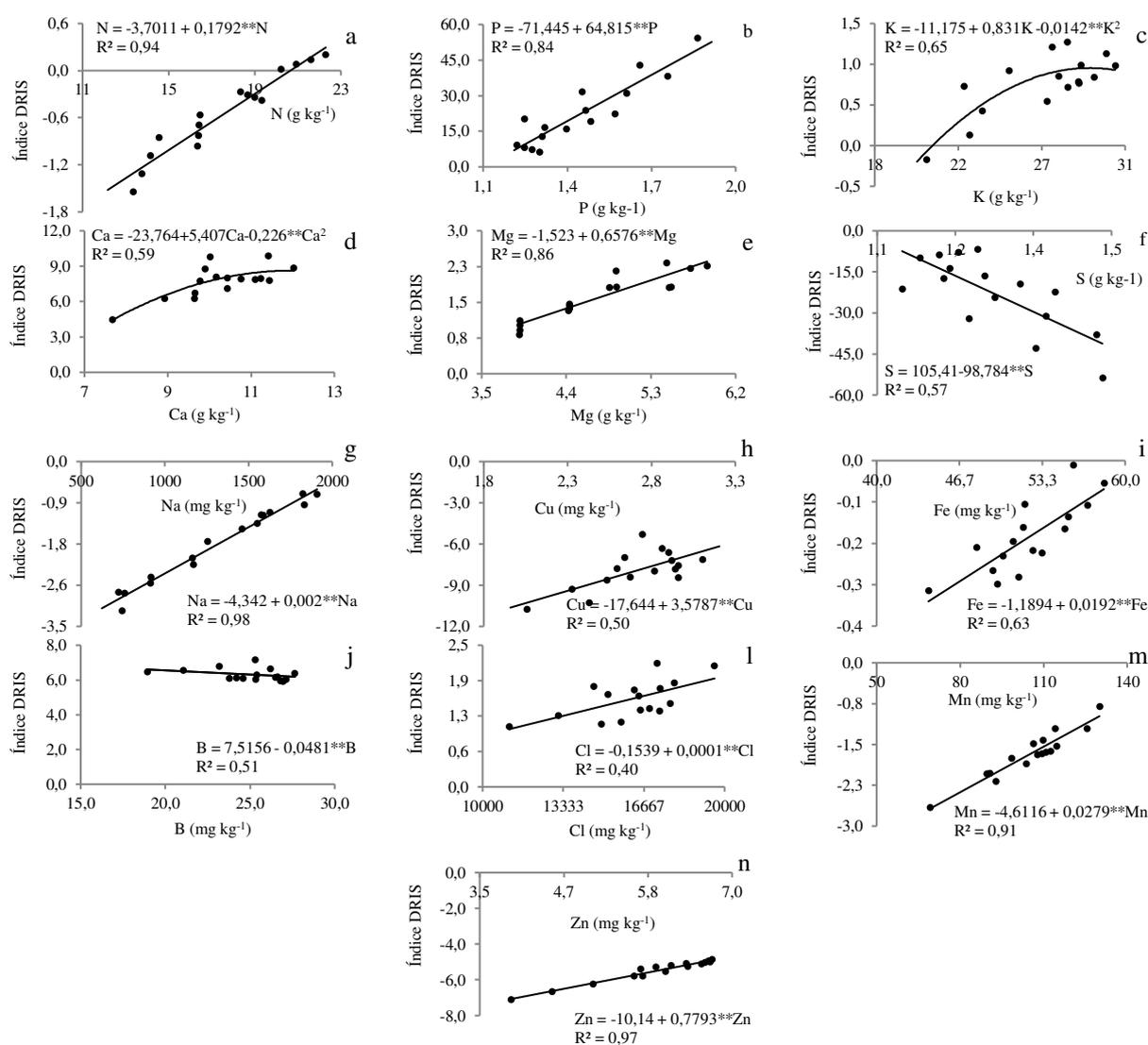


Figura 8. Relação entre os índices DRIS e a concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de bananeira ‘Pacovan’ no 2º ciclo

Vale salientar que para os nutrientes N, P, K, Mg, Na, Fe, Mn e Zn no 2º ciclo (Figura 8), e N, Na, Cu, Fe, B, Mn e Zn no 3º ciclo (Figura 9), os coeficientes de determinação foram

superiores a 60% ($R^2 > 0,60$), havendo, possivelmente, uma forte dependência dos respectivos índices DRIS e a concentração do próprio nutriente na folha. Para os demais nutrientes Ca, S, Cu, B e Cl no 2º ciclo, e P, K, Ca, Mg, S e Cl no 3º ciclo, observou-se uma baixa relação entre o teor foliar desses nutrientes e seus respectivos Índice DRIS ($R^2 < 0,60$), neste contexto, há uma menor dependência dos índices DRIS desses nutrientes e sua concentração foliar, e maior dependência dos demais nutrientes que compõem este índice.

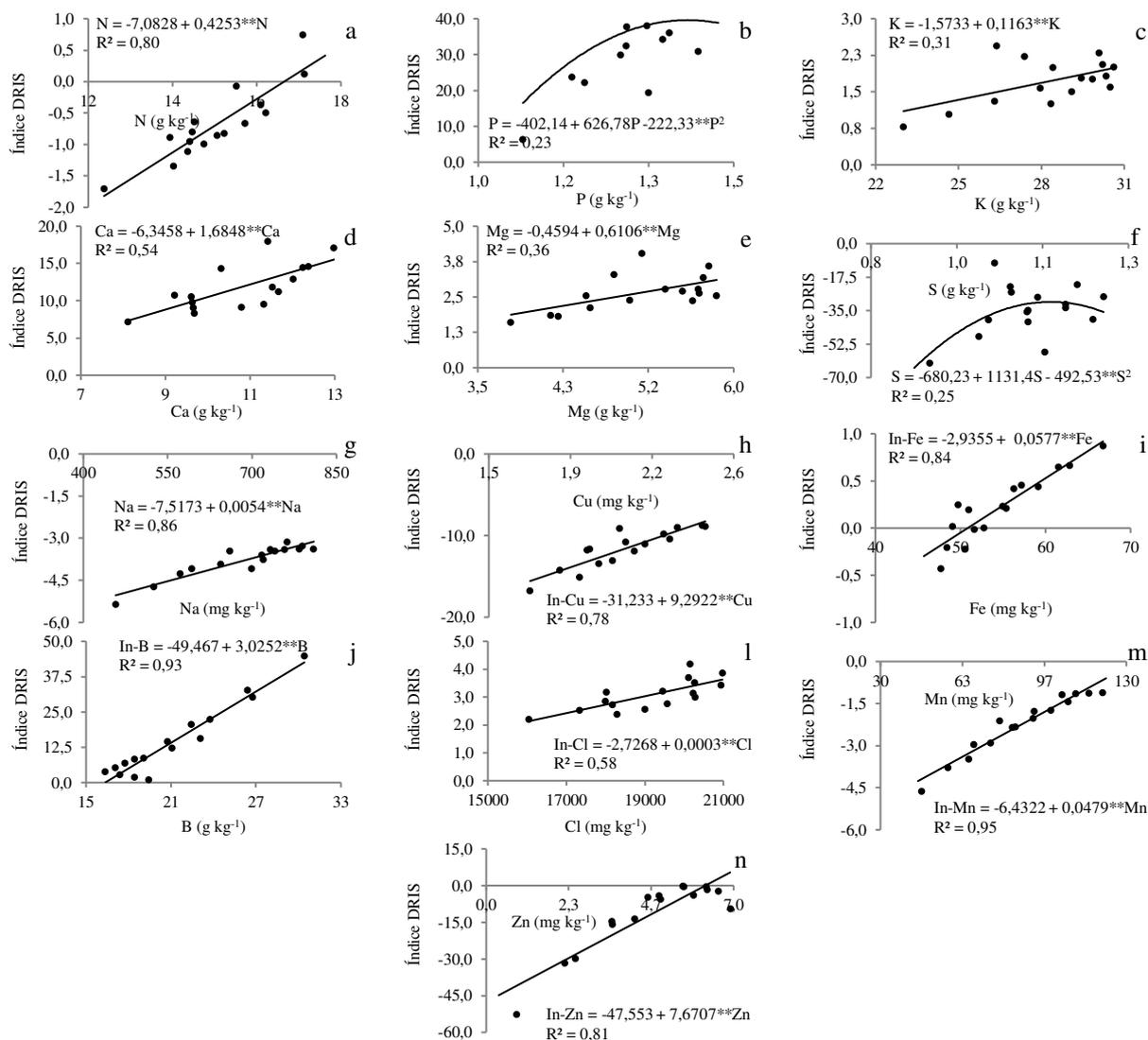


Figura 9. Relação entre os índices DRIS e a concentração de macronutrientes e micronutrientes nas folhas de bananeira ‘Pacovan’ no 3º ciclo

É possível observar, também, que ocorreram reduções significativas ($p < 0,01$) dos índices DRIS de S e B no 2º ciclo, mediante o acréscimo do teor foliar destes micronutrientes (Figuras 8f e 8j). Em que se observam decréscimos equivalentes a 98,8 e 0,05 proporcional ao acréscimo de

1,0 g kg⁻¹ de S e 1,0 mg kg⁻¹ de B, respectivamente, no tecido foliar da bananeira ‘Pacovan’ no 2º ciclo produtivo.

Para os demais nutrientes foliares se observam relações positivas e significativas ($p < 0,01$), culminando em aumentos dos índices DRIS face ao acréscimo dos seus respectivos teores foliares (Figuras 8a, 8b, 8c, 8d, 8e, 8g, 8h, 8i, 8l, 8m e 8n). Em que se verificaram aumentos de 0,18; 64,81; 0,002; 3,58; 0,019; 0,0001; 0,028 e 0,78 nos Índices DRIS adequados aos respectivos incrementos de cada 1,0 g kg⁻¹ de N e P, e 1,0 mg kg⁻¹ de Na, Cu, Fe, Cl, Mn e Zn encontrado no tecido foliar da bananeira ‘Pacovan’ no 2º ciclo. No 3º ciclo de produção da cultura, os incrementos observados para os Índices DRIS foram, respectivamente, 0,42; 0,12; 1,69; 0,62 para cada 1,0 g kg⁻¹ de N, K, Ca e Mg foliar (Figuras 9a, 9c, 9d e 9e) e 0,005; 9,29; 0,06; 3,02; 0,0003; 0,048 e 7,68 para cada 1,0 mg kg⁻¹ de Na, Cu, Fe, B, Cl, Mn e Zn encontrados nas folhas da bananeira (Figuras 9g, 9h, 9i, 9j, 9l, 9m e 9n).

Conforme os modelos estatísticos quadráticos obtidos, os Índices DRIS de K e Ca no 2º ciclo (Figuras 8c e 8d) e P e S; no 3º ciclo (Figuras 9b e 9f) foram significativamente influenciados ($p < 0,01$) pelos seus respectivos teores foliares, em que se observam, no 2º ciclo da bananeira, Índices DRIS de K e Ca mais próximos de zero (0,99 e 8,58) associados a 29,27 e 11,97 g kg⁻¹ de K e Ca, respectivamente, no 2º ciclo. No 3º ciclo de produção da maneira, os Índices DRIS de P e S mais próximos de zero (39,61 e 30,96) foram, respectivamente, associados a 1,41 e 1,15 g kg⁻¹ de P e S foliar.

Os resultados obtidos para os macronutrientes K e Ca no 2º ciclo e P e S no 3º devem ser analisados com cautela, em relação aos demais nutrientes, visto que, as curvas da regressão demonstram que o método DRIS pode superestimar possíveis deficiências e/ou excessos destes nutrientes no tecido foliar, existindo, assim, uma forte indicação de se considerar a sensibilidade do método para esses elementos em termos de equilíbrio nutricional. Sobre esse aspecto, Maia (1999) explica que este fato pode ocorrer na medida em que a relação binária entre nutrientes for menor que a encontrada nas normas de referência. Sendo pertinente se realizar uma alteração do valor da constante de sensibilidade k , presente na fórmula original de Beaufils (1973), aqui aplicada, a fim de se melhorar a capacidade preditiva do estado nutricional das plantas, tendo em vista que, ao se elevar o valor de k , há uma tendência de elevação, também, do valor atribuído ao desvio nutricional pela função DRIS.

A discordância concentrada em poucos nutrientes (K e Ca no 2º ciclo e P e S no 3º). Segundo Wadt et al. (2007) podem ser explicadas em razão de pelo menos uma das populações, não ter refletido adequadamente as condições ambientais da região Semiárida, principalmente quando são utilizados dados de parcelas experimentais de ensaios de adubação, em que um número

restrito de situações nutricionais é monitorado. O que corrobora com os dados aqui aplicados principalmente em relação à norma de referência ter sido obtida segundo os valores considerados ótimos para a bananeira ‘Pacovan’ frequentemente encontrada na literatura especializada como IFA (1992); Borges e Caldas (2004).

Cabe salientar que dentre os nutrientes foliares analisados, foi observado variações nos índices DRIS de N e K, no 2º ciclo (Figuras 8a e 8c) e N e Fe no 3º ciclo (Figuras 9a e 9i), sobrevivendo deficiências e excessos, em que ocorreram relações positivas, culminando em aumentos dos índices DRIS destes nutrientes mediante o acréscimo dos seus respectivos teores foliares, passando pelo índice nulo, o que remete ao equilíbrio nutricional da bananeira ‘Pacovan’ para estes nutrientes. Neste contexto, infere-se que no 2º ciclo os teores foliares de N e K ótimos foram, respectivamente, 20,66 e 37,61 g kg⁻¹ (Figuras 8a e 8c). No 3º ciclo o teor ótimo de N foliar foi 16,65 g kg⁻¹, Fe foi 49,18 mg kg⁻¹ (Figuras 9a e 9i).

Na Tabela 11 estão as equações e os coeficientes de determinação que descrevem as relações entre índices DRIS dos nutrientes analisados e as fertirrigações com N e K, seguida das respectivas significâncias. Nesta, é possível observar que o fornecimento destes nutrientes nas diferentes doses influenciou os teores foliares dos nutrientes analisados, conjecturando nos seus respectivos Índices DRIS, o que demonstra que esses indicadores foram sensíveis à disponibilidade dos nutrientes, via fertirrigação. Em que foram diagnosticadas, segundo este método, deficiências e/ou excessos nos dois ciclos produtivos da bananeira.

Tabela 11. Equações e coeficientes de determinação entre Índices DRIS e teores foliares de macro e de micronutrientes, nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Eixos ¹		2º ciclo		R ²	3º ciclo		R ²
X	Y	ID	Equação		Equação		
N	K	N	$\hat{y} = 0,01709 + 0,000622^{**}N - 0,001934^{**}K - 0,0000065^{**}NK$	0,90	$\hat{y} = -0,6386 - 0,0016^{ns}N - 0,0024^{*}K + 0,000022^{**}NK$	0,80	
N	K	P	$\hat{y} = 20,2006 + 0,1135^{**}N - 0,024639^{**}K - 0,00027^{**}NK$	0,98	$\hat{y} = 6,2992 + 0,1585^{**}N + 0,1161^{**}K - 0,0006425^{**}NK$	0,95	
N	K	K	$\hat{y} = -0,1707 + 0,0092^{**}N + 0,0019^{**}K - 0,000021^{**}N^2 - 0,0000051^{**}NK$	0,97	$\hat{y} = 0,7744 + 0,0055^{ns}N + 0,0018^{ns}K - 0,000007^{ns}N^2 - 0,00000096^{ns}NK$	0,67	
N	K	Ca	$\hat{y} = 9,911 - 0,01812^{**}N - 0,0071^{**}K + 0,000063^{**}NK$	0,97	$\hat{y} = 8,3771 + 0,00726^{**}N + 0,0135^{**}K - 0,00004^{**}K^2 + 0,000064^{**}NK$	0,97	
N	K	Mg	$\hat{y} = 2,3282 - 0,0051^{**}N - 0,00038^{**}K + 0,0000035^{**}NK$	0,93	$\hat{y} = 2,3885 - 0,0026^{*}N + 0,0024^{ns}K - 0,000008^{**}K^2 + 0,000022^{**}NK$	0,87	
N	K	S	$\hat{y} = -21,1991 - 0,1082^{**}N + 0,0253^{**}K + 0,00026^{**}NK$	0,98	$\hat{y} = -10,0586 - 0,1514^{**}N - 0,064^{**}K - 0,000012^{ns}N^2 - 0,00012^{**}K^2 + 0,00065^{**}NK$	0,99	
N	K	Na	$\hat{y} = -3,1712 + 0,0082^{**}N + 0,0094^{**}K - 0,000023^{**}N^2 - 0,000019^{**}K^2 + 0,000011^{**}NK$	0,97	$\hat{y} = -3,4563 - 0,0064^{**}N + 0,0041^{**}K - 0,000013^{**}K^2 + 0,000021^{**}NK$	0,98	
N	K	Cu	$\hat{y} = -10,297 + 0,0166^{**}N + 0,0141^{**}K - 0,000012^{**}K^2 - 0,000069^{**}NK$	0,99	$\hat{y} = -8,7795 - 0,0099^{*}N - 0,0007^{**}K - 0,000035^{**}NK$	0,90	
N	K	Fe	$\hat{y} = -0,2655 + 0,00035^{**}N - 0,00011^{**}K + 0,0000015^{**}NK$	0,99	$\hat{y} = -0,4312 + 0,0023^{**}N + 0,0014^{**}K$	0,70	
N	K	B	$\hat{y} = 6,3586 - 0,00184^{ns}N - 0,00034^{ns}K + 0,0000092^{**}NK$	0,98	$\hat{y} = 3,8305 - 0,0093^{ns}N - 0,0102^{ns}K + 0,00029^{**}NK$	0,77	
N	K	Cl	$\hat{y} = 1,9427 - 0,00374^{**}N - 0,00091^{ns}K + 0,000011^{**}NK$	0,74	$\hat{y} = 2,215 + 0,0032^{**}N + 0,0012^{ns}K + 0,0000037^{ns}NK$	0,84	
N	K	Mn	$\hat{y} = -2,0265 + 0,0027^{**}N + 0,0027^{**}K - 0,000019^{**}NK$	0,98	$\hat{y} = -1,0973 - 0,0034^{**}N - 0,00016^{ns}K - 0,000018^{**}NK$	0,98	
N	K	Zn	$\hat{y} = -5,0988 - 0,00099^{**}N + 0,0021^{**}K - 0,000014^{**}K^2 + 0,000012^{**}NK$	0,98	$\hat{y} = -9,562 + 0,1119^{ns}N + 0,0664^{ns}K - 0,00033^{ns}N^2 - 0,00012^{ns}K^2 - 0,00039^{**}NK$	0,84	

¹X e Y corresponde às doses aplicadas de N e K em kg ha⁻¹.

Os modelos estatísticos ajustados aos relacionamentos entre os índices DRIS e os teores de nutrientes em folhas da bananeira ‘Pacovan’, segundo as doses de N e K foram significativos ($p < 0,01$), com coeficientes de determinação variando de 0,67 para K, no 3º ciclo, até 0,99 para Cu e S nos 2º e 3º ciclos, respectivamente (Tabela 11). O que representa um valor satisfatório, indicando um elevado relacionamento para as variáveis analisadas. Demonstrando haver uma forte sensibilidade deste método para se diagnosticar o estado nutricional da bananeira em meio às doses de N e K aplicadas, com posterior indicativo de maior confiabilidade nas normas DRIS. Portanto, esse relacionamento, segundo Reis Júnior et al (2002) constitui um indicativo de que este método pode ser aplicado ao diagnóstico nutricional.

Ainda, assim, representado por um valor satisfatório é pertinente mencionar que para alguns nutrientes como K, Fe e B se observa, no 3º ciclo, coeficiente de determinação mais baixos que os demais (Tabela 11), culminando em maior dispersão dos dados, o que caracteriza menor dependência dos índices DRIS desses nutrientes com seus respectivos teores foliares, havendo, por outro lado, uma maior interação com as relações dos demais nutrientes que compõem este índice. Isto, indica que outros fatores, podem estar influenciando os índices DRIS desses nutrientes (SERRA, 2011). Provavelmente por se considerar nos cálculos das funções o desvio padrão da norma, o que faz, neste caso, com que este método seja menos rigoroso na avaliação do estado nutricional da bananeira. Ou seja, para esses nutrientes a influência do balanço nutricional na formação do índice DRIS é maior, em relação aos demais (GUINDANI, et al., 2009).

Notadamente, os Índices DRIS dos nutrientes avaliados foram significativamente influenciados ($p < 0,01$) pelas doses de N e K testadas (Tabela 11), em que, se observam que os teores foliares de Fe no 2º ciclo de produção da bananeira e S, Na, Cu, Mn e Zn nos 2º e 3º ciclos foram, em sua totalidade, representados por índices DRIS negativos, logo, passíveis de limitação nutricional por deficiência, ao passo que os teores foliares de K no 3º ciclo e P, Ca, Mg, B e Cl nos 2º e 3º ciclos produtivos da bananeira indicam limitação por excesso atestados por índices DRIS positivos independente das doses de N e K aplicadas (Tabela 11).

O incremento de P nas folhas foi diretamente relacionado com o aumento dos níveis de N e K aplicados, cujos, teores ajustaram-se ao modelo linear, em que, se observam concentrações mais elevadas durante praticamente todo o 2º ciclo, ocorrendo redução mais significativa no 3º ciclo, que de maneira geral foi aproximadamente 60,45% menor. O que, possivelmente, pode ser conexo ao efeito de diluição, em virtude do maior acúmulo de biomassa fresca e emissão de rebentos durante o 3º ciclo da cultura. Visto que, Cavalcante et al. (2005) ao estudarem a interdependência na absorção e redistribuição de P entre planta mãe e filha de bananeira, mencionaram ininterrupta translocação de P entre plantas mãe e filha.

As doses de N e K aplicadas no 2º ciclo de produção, se ajustaram ao modelo linear com o teor de Ca nas folhas da bananeira, reduzindo significativamente seu conteúdo em correspondência ao incremento destas. Similarmente, o teor foliar deste nutriente foi influenciado pelas doses de K, porém com os dados ajustando-se ao modelo quadrático no 3º ciclo (Tabela 11). O N e K interagiram significativamente com o teor foliar de Ca, atingindo concentrações de 11,28 e 12,59 g kg⁻¹, respectivamente, ao se aplicar 59,53 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo e 300 kg de N ha⁻¹ e 190,66 kg de K ha⁻¹ no 3º ciclo.

Mesmo nos tratamentos em que não se forneceu N e K, nos 2º e 3º ciclos de produção, o teor foliar de Ca se manteve excessivo, conforme os critérios estabelecidos, neste estudo, para a cultivar Pacovan. O que reforça a hipótese de que a disponibilidade natural desse nutriente na água do Rio Bodocongó, possivelmente supriu a demanda da bananeira, devido a disponibilidade desse elemento no solo, por meio da sua adição via água de irrigação, justificando as baixas concentrações de K nas folhas (Tabela 11), devido ao efeito antagônico existente entre esses nutrientes, como mencionado por Pereira et al. (2006), Malavolta et al. (1997), Vitti et al. (2006) e Malavolta (2006).

As plantas cultivadas em soluções mais salinas (8,12 - 14,1 dS.m⁻¹) externam sintomas visuais de deficiência de cálcio, sendo obtidos valores inferiores aos 10 a 25 g kg⁻¹ recomendados por Silva (1999). A principal função do Ca⁺⁺ na planta é manter a integridade da parede celular e o seu fornecimento inadequado é caracterizado pelo surgimento de necrose, principalmente nas extremidades das folhas em desenvolvimento (LACERDA, 2004). Além disso, o Ca⁺⁺ também promove o acúmulo de solutos orgânicos, como a prolina e a glicinabetaina, os quais possibilitariam o estabelecimento de um equilíbrio osmótico no citoplasma mais compatível com o metabolismo celular, favorecendo o crescimento das plântulas sob condições de estresse salino (GIRIJA et al., 2002).

O teor de Mg na folha reduziu significativamente com as doses de N aplicadas no 2º e 3º ciclo. Silva et al. (2012) também verificaram que o aumento das doses de N reduziu os teores de Mg nas folhas da bananeira ‘Prata Anã’ no 2º ciclo de produção. Já Ratke et al. (2012) observaram que os teores de Mg nas folhas de bananeiras ‘Thap Maeo’ e ‘Prata-Anã’ foram menores à medida que se aumentavam os níveis de N e K. Silva et al. (2008) verificaram em seus estudos que o teor de Mg reduziu de forma quadrática com o aumento das doses de K aplicadas no solo. Confirmando o antagonismo existente entre K e Mg. Segundo Borges (2004), nas folhas a relação K/Mg ideal está entre o intervalo de 7 a 11.

Notadamente, se observa uma relação direta entre teores foliares de Mg e as doses de K fornecidas no 2º e 3º ciclo da bananeira. Sobre esse aspecto, Silva et al. (2001) explicam que o

aumento do suprimento de K tem um grande efeito depressivo na concentração de Mg nas folhas. Visto que, a concentração de Mg na folha da bananeira pode ser reduzida pela concentração mais alta de K (FRANÇA et al., 2010) e vice-versa (MOSTAFA et al., 2007), devido ao efeito competitivo entre esses nutrientes (MALAVOLTA, 2006), ou pode ser aumentada com a maior quantidade de chuva acumulada (SMITHSON et al., 2004) ou por um período maior de estiagem (MAHOUACHI, 2009). Em estudo conduzido por Andreotti et al. (2000) verificou-se que à medida que se elevou o teor de K no solo, proporcionalmente houve diminuição na concentração de Mg nas folhas. Pode-se, então, deduzir que, face aos resultados obtidos que a bananeira aproveitou parte do Mg disponibilizado e aportado ao solo pelas irrigações para suprir suas exigências nutricionais.

Pelos efeitos positivos das doses de N e K sobre o conteúdo de S nas folhas (Tabela 11), é possível observar que os teores mais elevados deste nutriente foram obtidos, respectivamente, nas maiores doses de K e N aplicadas no 2º ciclo; no entanto, encontram-se deficientes. No 3º ciclo o valor encontrado, respectivamente, nas mesmas doses de K e N é cerca de 77,22 e 86,13% menor. Todavia, a bananeira 'Pacovan' não foram adequadamente supridas de S. Sobre esse aspecto, Marschner (1995) explicam que a deficiência de enxofre interfere no aproveitamento de N, uma vez que, o S relaciona-se à conversão do N não-protéico em protéico. E sua deficiência pode ser, mais adequadamente, diagnosticada se forem amostradas folhas mais jovens, antes do florescimento (MEMON et al., 2005).

Ocorreram relações positivas e significativas entre conteúdo foliar de Fe e as doses de sulfato de amônio e cloreto de potássio, fornecidos como fonte de N e K. Entretanto, o maior teor de Fe encontrado nas folhas foi aproximadamente 89% inferior ao menor nível nutricional adequado para a cultivar Pacovan. Logo, os níveis observados desse nutriente não satisfazem às exigências nutricionais da bananeira no presente estudo.

Fato similar foi observado por Oliveira e Oliveira (2005) ao evidenciarem que o teor de Fe no tecido foliar da bananeira 'Pacovan' cultivada em um Latossolo pobre e ácido da Amazônia foi de apenas 47,0 mg kg⁻¹. Pode-se dizer que provavelmente a maior absorção pode estar relacionada a elevados teores desse micronutriente no solo. Normalmente, quando se aumenta o nível de fósforo na solução do solo, há insolubilização do Fe, devido à precipitação do mesmo na superfície radicular e também, com o aumento de Ca no meio, diminui absorção de Fe (MALAVOLTA, 1980). Outro provável ocorrido foi a elevação do pH do substrato, o qual diminui a disponibilidade desses micronutrientes (MALAVOLTA et al., 1997).

No entanto, outros fatores podem exercer influência sobre as quantidades de nutrientes absorvidas pela bananeira, tais como as condições climáticas, manejo adotado e variedade

(BORGES e OLIVEIRA, 2000), sendo certa a existência de variações nessas quantidades absorvidas entre variedades, até dentro do mesmo grupo genômico (FARIA, 1997). As respostas das plantas aos nutrientes são dependentes das formas como os elementos estão disponibilizados no solo, da capacidade de absorção pelas plantas, do estágio de crescimento e das condições edafoclimáticas de cultivo (RAIJ, 1991).

Os teores foliares de Cu estiveram muito aquém do considerado adequado para a cultivar Pacovan (Tabela 11), ao passo que ocorreram reduções nos 2º e 3º ciclos. Similarmente, mesmo o teor mais elevado de Zn na folha não satisfaz às exigências nutricionais da bananeira. O que, segundo Malburg et al. (1984), pode ser devido aos níveis de Zn no solo. Visto que, Rodrigues et al (2007) relatam que baixas concentrações foliares de Zn são comuns na região Norte de Minas Gerais e associados às altas concentrações de Zn no solo, indicando restrição na disponibilidade desse nutriente para as plantas. De acordo com Dordas et al. (2001) mesmo sob condições de suprimento normal de Zn, apenas pequena porção deste pode ser retranslocada no floema.

De acordo com Malavolta (1980), não existe teor padrão de Zn foliar para todos os locais de cultivo e cultivares, entretanto, considera-se que uma planta está deficiente quando os teores de Zn nas folhas encontram-se abaixo de 17 mg kg^{-1} e em plantas bem nutridas nesse nutriente, os teores foliares encontram-se entre 17 e 50 mg kg^{-1} . Silva e Rodrigues (2001) observaram que o teor médio de Zn foliar em levantamento feito em 1099 amostras de folhas de bananais do Norte de Minas foi de $19,2 \text{ mg kg}^{-1}$.

O teor de Mn nas folhas foi influenciado pelas doses de N e K com os dados se ajustando ao modelo linear (Tabela 11). Estes resultados revelam a ocorrência de condições desfavoráveis à absorção do Mn, possivelmente devido a uma baixa disponibilidade no solo, resultando em menor absorção pelas raízes com efeito da sua concentração na folha, visto que, no ciclo seguinte, o teor de Mn nas folhas da bananeira foi aproximadamente de 82,88% menor que o observado no ciclo anterior. Fica, também, evidente que os maiores teores de Mn verificados, respectivamente, nos 2º e 3º ciclos são cerca de 43,54 e 36,08% menor, que o limite inferior da faixa adequado para a cultivar Pacovan, segundo Borges e Caldas (2004).

Podendo-se inferir, portanto, que a absorção desse micronutriente é um processo determinado, em maior grau, pela sua própria atividade (disponibilidade na zona de absorção) como mencionam Leite et al. (2003). Silva (2001) verificou que a aplicação de ureia como fonte de N, reduziu o pH do solo, que, por sua vez, favoreceu a elevação do teor de Mn nas folhas da bananeira.

A deficiência de Mn ocorre com maior frequência em solos com pH neutro ou alcalino ou também pode ocorrer como consequência de um desequilíbrio com outros nutrientes, tais como o Ca, o Mg e o Fe (LOPES, 1998).

O teor de B nas folhas da bananeira ‘Pacovan’ aumentou significativamente em correspondência ao incremento das doses de N e K aplicadas, ajustando-se ao modelo linear (Tabela 11). Os teores foliares de B foram 6,90 mg kg⁻¹ no 2º ciclo e 35,60 mg kg⁻¹ no 3º ciclo. Tais resultados demonstram haver um efetivo transporte deste micronutriente para as folhas da bananeira. Contudo, deve-se salientar que o aumento de 28,7 mg kg⁻¹ do teor foliar de B no 3º ciclo provavelmente ocorreu devido ao aporte ao solo deste micronutriente durante as irrigações, com consequente disponibilidade à bananeira. Portanto, pode-se, então, deduzir que, na ausência de fertirrigação a bananeira aproveitou parte deste micronutriente frequentemente disponibilizado e aportado ao solo pelas irrigações para suprir suas exigências nutricionais. Corroborando com YAMADA (2000), segundo o qual, esse processo ocorre em correspondência à concentração e disponibilidade do micronutriente na solução do solo.

O teor de Cl encontrado no 3º ciclo foi, em sua totalidade, excessivo, em que, ao se comparar com valor encontrado no período anterior foi verificado acréscimo equivalente a 45,13% no conteúdo foliar desse elemento; o que possivelmente decorre da sua disponibilidade às plantas, que pode ter sido motivado em meio aos aportes do Cl contido na água de irrigação e pela utilização do KCl como fonte de K, uma vez que, este fertilizante possui 45% de Cl em sua composição.

Sobre esse aspecto, Antas e Morais (2011) destacam que este íon não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com a água, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração. E se sua concentração excede a tolerância da planta, ocorrem danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas. Segundo Ayers e Westcot (1999), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação. Segundo Paula et. al. (2005), este fato é agravado ainda mais nas regiões de clima mais quente, onde as condições ambientais favorecem à alta transpiração.

Mesmo presente em altas concentrações na água do Rio Bodocongó, os teores foliares de Na encontrados nos 2º e 3º ciclos produtivos da bananeira foram, em sua totalidade, representados por valores abaixo do nível tóxico, o que pode sinalizar uma relação adaptativa da bananeira. Visto que Lima (1998) explica que as plantas responderem à salinidade pela inclusão ou exclusão de Na, podendo apresentar efeito adaptativo ou não. Na inclusão, o efeito da salinidade é não-adaptativo quando ocorre toxicidade de sódio e cloreto e, ou, deficiência induzida de potássio e cálcio. A adaptação acontece em razão das seguintes ações: compartimentação dos sais; síntese de solutos

osmorreguladores; equilíbrio da relação sódio/potássio; eliminação de sais por meio da excreção foliar e queda de folhas (ARAÚJO, 1994).

Entretanto, acredita-se que, mesmo representado por valores abaixo do nível tóxico, o conteúdo de Na encontrado nas folhas da bananeira advém do elevado aporte desse elemento ao solo ao longo dos ciclos da cultura por meio das irrigações, visto que, a água do Rio Bodocongó possui altas quantidades desse elemento em sua composição. Sendo o Na muito solúvel e disponível no solo, as plantas o absorveram em grande quantidade (OLIVEIRA et al., 2013). Barroso et al. (2011), observaram em seus estudos que a concentração de Na, superior ao limite de tolerância das plantas mais sensíveis, ocorreu devido ao retorno da água utilizada nas áreas irrigadas ao longo do curso do rio Jaguaribe. A presença do Na, na água de irrigação foi também relatada por Carvalho et al. (2002) como a principal causa para o aumento verificado nos teores foliares destes elementos, com o aumento da irrigação.

Além disso, é possível observar que as concentrações foliares de Na têm comportamento decrescente em função das doses de K; podendo-se assumir a explicação relatada por Kawasaki et al. (1983) em decorrência da relação competitiva entre esses cátions monovalentes.

De acordo com Epstein (1975) e Malavolta et al. (1997), as interações entre íons pressupõem a existência de uma determinada relação entre esses na solução do solo - disponibilidade do nutriente, sendo que essa relação pode manifestar-se sob forma de desequilíbrio nutricional, na qual as folhas serão os primeiros órgãos a manifestar essas alterações, tanto em nível de teores quanto de sintomas visuais. Assim, pode admitir-se que tais interações em nível de teores em ramos são observadas em condições mais prolongadas de desequilíbrio nutricional.

Destaca-se, aqui, que a interpretação dos índices DRIS utiliza como referência o valor “zero” para o somatório das razões entre os nutrientes, e representa o estado nutricional da planta para determinado nutriente, e informa se o nutriente está em uma condição de equilíbrio fisiológico ou em uma situação de desequilíbrio nutricional, que pode ser devido a sua insuficiência ou excesso, sem que seja definida, por si só, uma faixa de valor adequado para cada um. Ou seja, valores negativos indicam deficiência do nutriente, e quanto mais negativo for o índice, mais deficiente será o nutriente, ao passo que Índices DRIS positivos indicam excesso, e quanto mais positivo for o índice, mais excessivo estará o nutriente (BALDOCK e SCHULTE, 1996). Enquanto que Índices DRIS iguais a zero são indicativos de teores ótimos de nutrientes (SILVA, 2001; REIS JÚNIOR, 2002).

Contudo, para melhor interpretação dos índices DRIS e evitar a indução de possíveis desequilíbrios nutricionais foram considerados o conceito do potencial de resposta à adubação (WADT, 2005), cujos, critérios foram adaptados ao contexto das estratégias organizacionais esta

pesquisa. Em que, as informações foram agrupadas e analisadas à amplitude dos conhecimentos nutricionais definidos para a bananeira ‘Pacovan’, indicada pelo valor Índice de Balanço Nutricional médio (IBN_m), o qual, permite averiguar situações em que ocorram equilíbrio e/ou desequilíbrio nutricional da cultura.

Assim, valores de Índices DRIS associados à faixa de equilíbrio representada pelo IBN_m (-8,26 a 8,26) correspondem aos teores adequados segundo Beaufils (1973). Dessa forma, adotaram-se três categorias para o estado nutricional, com base no valor do índice DRIS dos nutrientes analisados, em módulo comparado ao índice de balanço nutricional médio (IBN_m): limitante por deficiência para nutrientes com índice DRIS negativo e, em módulo, menor que IBN_m (-8,26); limitante por excesso para aqueles nutrientes, cujo, valor do índice DRIS encontra-se positivo e, em módulo, maior que IBN_m (8,26) e adequado para nutrientes com índice DRIS negativo ou positivo, porém, em módulo, com valor associado ao intervalo de referência entre - 8,26 a 8,26.

Vale ressaltar que, dentre os nutrientes foliares analisados, ocorreram variações nos teores foliares de N e K no 2º ciclo e sobre o conteúdo foliar de N e Fe no 3º ciclo, sucedendo, conforme os Índices DRIS, deficiências e excessos, incidindo pelo índice nulo o qual indica equilíbrio nutricional desses nutrientes na planta (Figura 10).

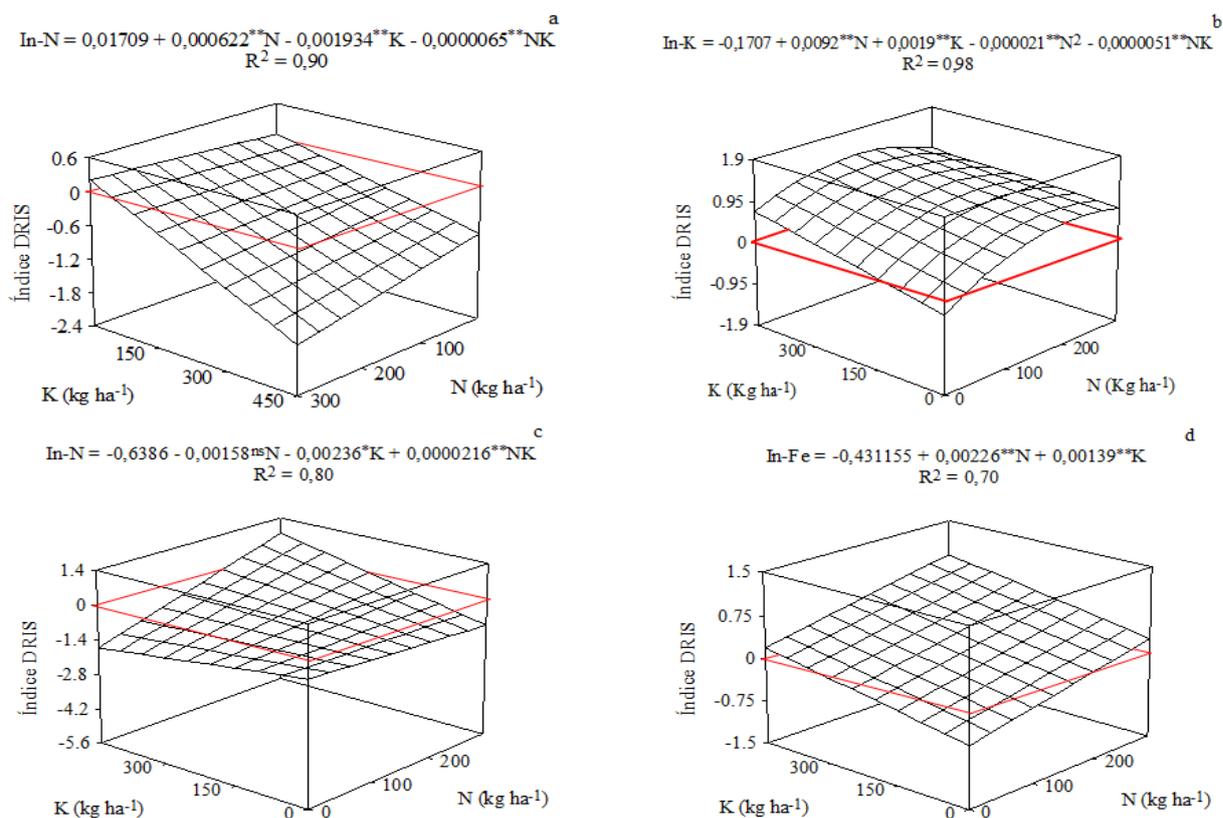


Figura 10. Relação entre índice DRIS de N e K foliar no 2º ciclo, N e Fe foliar no 3º ciclo e doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação à bananeira ‘Pacovan’

No 2º ciclo, as doses de N e K, que propiciaram índice DRIS nulo de N foram 43 kg de N ha⁻¹ e 20 kg de K ha⁻¹ (Figura 10a). Índice DRIS nulo de K ocorreu ao se aplicar 15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹ (Figura 10b). No 3º ciclo, Índice DRIS nulo de N foi observado em bananeiras fertirrigadas com 220 kg de N ha⁻¹ e 412 kg de K ha⁻¹ (Figura 10c). As doses de N e K que proporcionaram índice DRIS nulo de Fe foram, respectivamente, 101 e 146 kg ha⁻¹ (Figura 10d).

Em termos práticos, esses índices necessariamente não precisam conter valor zero, mas, sim, estarem próximos a este, representado por um intervalo dentro do qual se indicaria um relativo equilíbrio nutricional da cultura. Motivo pelo qual se optou, neste estudo, pela determinação da dosagem de N e K que melhor traduz o estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’ em relação a este ponto de equilíbrio nutricional, ou seja, mediante o ajuste de doses dos fertilizantes aplicados que aferem Índices DRIS dos nutrientes foliares à faixa de equilíbrio determinada pelo Índice de Balanço Nutricional médio (IBNm). Logo, valores de Índices DRIS inferiores ou superiores a esta faixa de suficiência, indicariam possível comprometimento de produtividade, por deficiência ou excesso nutricional, respectivamente (REIS JÚNIOR, 2002), razão pela qual são definidos como limites para as faixas de interpretação deficiente ou em excesso.

Neste contexto, os Índices DRIS dos teores dos nutrientes nas folhas da bananeira ajustaram-se aos modelos linear e quadrático, quando relacionados às doses de N e K aplicadas. Ao se associar os Índices DRIS dos nutrientes à faixa de equilíbrio representada pelos índices de balanço nutricional médio - IBSm (Tabela 10), é possível observar que os teores foliares de P e S foram adequados, retratados, respectivamente, por Índices DRIS positivo (6,26) e negativo (-6,70), determinados nas maiores doses de K e N aplicadas no 2º ciclo; no 3º ciclo, os teores foliares destes macronutrientes foram, respectivamente, limitantes por excesso e deficiência, em que, índices DRIS excessivo de P (19,33) e deficiente de S (-21,18) foram observados nos tratamentos que receberam conjuntamente, via fertirrigação, as doses equivalentes a 450 kg de K ha⁻¹ e 300 kg de N ha⁻¹.

No 2º ciclo, os teores de Ca, Mg, Cu, Cl e Mn nas folhas da bananeira foram adequados (Tabela 10), em que, seus respectivos Índices DRIS (4,47; 0,82; -5,32; 1,06 e -1,21) determinados, na maior dosagem de N sem o fornecimento de K, mantiveram-se dentro da faixa de equilíbrio nutricional, definida pelo IBSm. No 3º ciclo, com exceção do Mg, Cl e Mn, cujos, teores foliares mantiveram-se adequados, Índices DRIS excessivo de Ca (10,56) e deficiente de Cu (-11,77) foram verificados em bananeiras fertirrigadas com 300 kg de N ha⁻¹ sem o fornecimento de K, portanto, limitantes à cultura.

Os teores foliares de B e Zn foram influenciados pelas doses de N e K, em que, em que, concentrações adequadas desses nutrientes foram obtidas em bananeiras fertirrigadas com 300 kg

de N ha⁻¹ e 150 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo, cujos, Índices DRIS foram, respectivamente, 6,04 e -4,87; e 1,05 e -5,67 no 3º ciclo. Já teores foliares adequados de Na foram representados, por Índices DRIS negativos (-0,69 e -3,28), determinados em bananeiras fertirrigadas com 300 kg de N e K ha⁻¹ no 2º ciclo e no 3º ciclo em plantas que receberam conjuntamente 450 kg de K ha⁻¹ e 300 kg de N ha⁻¹ (Tabela 10).

Por outro lado, quando relacionados às doses de K e N que conferiram à bananeira equilíbrio nutricional de K, nutriente mais exigido pela cultura, ou seja, às doses equivalentes a 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹, é possível observar que, para os dois ciclo produtivos, os teores foliares de N, Mg, Na, Fe, B, Cl, Mn e Zn foram adequados, retratados, por Índices DRIS positivos para Mg, B e Cl (2,25; 6,51 e 2,02, respectivamente) e negativos para N, Na, Fe, Mn e Zn (-0,012; -2,88; -0,26; -1,94 e -5,08, respectivamente) no 2º ciclo. Concentrações adequadas desses nutrientes foram, também, obtidas no 3º ciclo, cujos, Índices DRIS mantiveram-se positivos (0,89; 2,39; 3,97 e 2,29) para K, Mg, B e Cl, respectivamente, e negativos (-0,70; -3,47; -0,37; -1,16 e -6,85) para N, Na, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Teores foliares de P e Ca foram limitantes por excesso, ao passo que o conteúdo de S e Cu nas folhas conferiram limitações por deficiência à cultura, em que, índices DRIS excessivo de P (21,36; 10,69) e Ca (9,52; 8,75) e deficiente de S (-22,27; -13,40) e Cu (-9,81; -8,95) foram observados, respectivamente, nos 2º e 3º ciclos, em plantas fertirrigadas com 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹.

Para a condição de equilíbrio nutricional, modelos de regressão foram ajustados entre as respectivas doses de N e K que conferiram Índice DRIS nulo, do nutriente mais exigido pela cultura, que corresponde ao melhor equilíbrio de K foliar (19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹) com a produtividade da bananeira e os teores de nutrientes nos frutos (Figura 11).

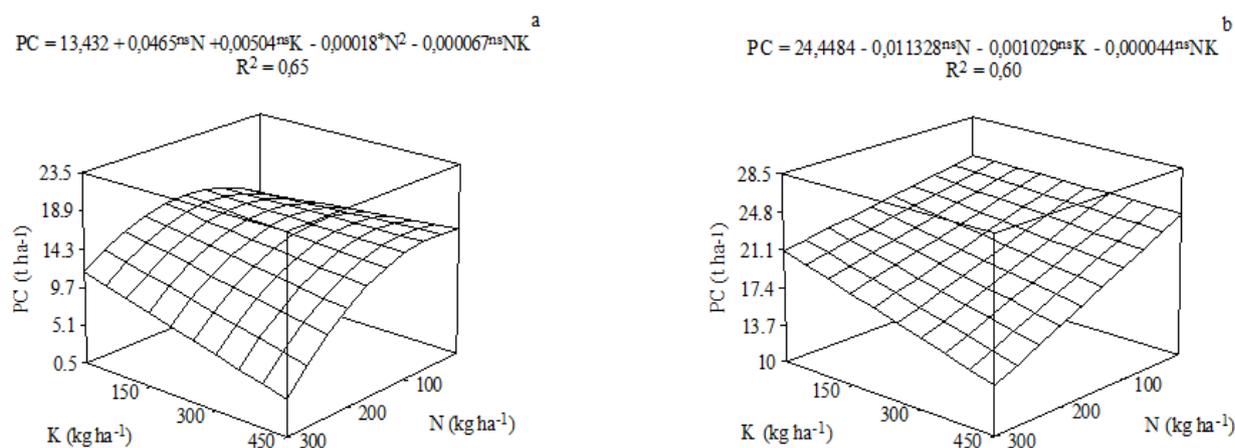


Figura 11. Relação entre produtividade da bananeira ‘Pacovan’, obtida nos 2º e 3º ciclos, em função das doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação

Neste contexto, infere-se, aqui, que a produtividade de banana ‘Pacovan’ resultante do melhor equilíbrio nutricional nos 2º e 3º ciclos foi, respectivamente, 14,2 e 24,3 t ha⁻¹ (Figuras 11a e 11b). Estas produtividades foram obtidas com a aplicação de 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹, ou seja, a partir da estimativa das doses de N e K que conferiram Índice DRIS nulo. Logo, respectivamente, compatível e superior à média nacional que é de aproximadamente 14,1 t ha⁻¹ (FAO, 2007).

Portanto, aqui, teores que resultaram em índices DRIS nulo de K pode ser considerado adequado, ao passo que, para teores inferiores ou superiores a esse nível, apresentaria índices DRIS negativos ou positivos os quais limitariam a capacidade produtiva da bananeira, quer sejam por deficiência ou excesso nutricional, respectivamente.

Ao avaliar o desempenho agrônômico de bananeiras em Botucatu-SP, Leonel et al. (2003) obtiveram produtividades máximas de 19,50 e 14,37 t ha⁻¹, respectivamente, para as cultivares Prata-anã e Maçã. Gonçalves et al. (2008) observaram, para as cultivares Thap Maeo e Prata Anã, produtividade correspondente a 26,3 t ha⁻¹ e 14,22 t ha⁻¹, respectivamente. Pinto et al. (2005) observaram uma produtividade de 17,43 t ha⁻¹, em bananeiras cultivadas sob fertirrigação nitrogenada e potássica. Bassoi et al. (2004) obtiveram uma produtividade de 25,54 t ha⁻¹, em estudo realizado no Vale do São Francisco, com a cultivar Pacovan. Os resultados evidenciados apontam que o nível máximo de nitrogênio requerido para se obter uma ótima produção de frutos de bananeira satisfaz a recomendação de Soto (1992).

4. CONCLUSÕES

O método DRIS mostrou-se consistente em avaliar os efeitos de doses de N e K, via água superficial poluída, sobre o estado nutricional da bananeira ‘Pacovan’.

Os nutrientes foliares foram influenciados pelas doses de N e K aplicadas, verificando-se limitações por excesso de P e por deficiência de S, em ambos os ciclos. Equilíbrio nutricional de N e K no 2º ciclo e N e Fe no 3º, ocorreu ao se fornecer 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹.

A produtividade proporcional a 14,2 t ha⁻¹ no 2º ciclo e 24,3 t ha⁻¹ no 3º, atingiu o melhor equilíbrio nutricional ao se fornecer 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹ via água superficial poluída.

O aporte de N e K provenientes da água do Rio Bodocongó, permitiu reduzir as quantidades dos fertilizantes nitrogenado e potássico, sem prejuízo ao estado nutricional da cultura, posto que, resultados satisfatórios foram obtidos ao se aplicar 19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹.

Pode-se inferir, face aos resultados obtidos, que a bananeira ‘Pacovan’ aproveitou parte dos nutrientes aplicados ao solo pelas irrigações para suprir suas exigências nutricionais.

5. REFERENCIAS

- ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. Pesquisa Agropecuária brasileira, Brasília, v.35, n.12, p.2437-2446, dez. 2000.
- ANTAS, F. P. S.; MORAIS, E. R. C. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Rio Açú- RN. Holos, Ano 27, Vol 4, 2011.
- ARAÚJO, C. A. S. Avaliação de feijoeiros quanto a tolerância a Salinidade em Solução Nutritiva. Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 1994. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura: estudos, irrigação e drenagem Manual FAO 29. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BAILEY, J. S.; BEATTIE, J. A. M.; KILPATRICK, D. J. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. model establishment. Plant and Soil, Dordrecht, v. 197, n. 1, p. 137-147, Nov. 1997.
- BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. Agronomy Journal, Madison, v. 88, n. 3, p. 448-456, 1996.
- BARROSO, A. A. F.; GOMES, G. E.; LIMA, A. E. O.; PALÁCIO, H. A. N. Q.; LIMA, C. A. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.15, n.6, p.588-593, 2011.
- BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; LIMA, J. M. P.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G.; RAMOS, C. M. C.; SEDYAMA, G. C. Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in São Francisco Valley, Brazil. II – water consumption, crop coefficient, and physiological behavior. Revista Brasileira de Fruticultura, vol. 26, n. 3, p. 464 - 467, 2004.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg: University of Natal, Soil Science. 1973. 132 p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BEVERLY, R. B. DRIS Diagnoses of soybean nitrogen, phosphorus, and potassium status are unsatisfactory. Journal of Plant Nutrition, v. 16, n. 1, p. 1431-1447, 1993.
- BORGES, A. L. Banana em foco-diagnose química foliar em bananeira. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 2 p.
- BORGES, A. L.; CALDAS, R. C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. Pacovan, sob irrigação. Ciênc. agrotec. vol.28, n.5, pp. 1099-1106, 2004.
- BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. Banana produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47– 59 (Série Frutas do Brasil, 1).
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo: Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.
- CARMO, G. A.; OLIVEIRA, F. R. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. S.; FREITAS, D. C. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.15 no.5 Campina Grande May 2011.

- CARVALHO, A. J. C.; MONNERAT, P. H.; MARTINS, D. P.; BERNARDO, S.; SILVA, J. A. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. *Scientia Agricola*. (Piracicaba, Braz.) vol.59 no.1 Piracicaba Jan./Mar. 2002.
- CAVALCANTE, A. T.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Interdependência na absorção e redistribuição de fósforo entre planta mãe e filha de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 255-259, 2005.
- CODEVASF. Cadastro Frutícola 1999 do Vale do São Francisco. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1999.
- CRISOSTOMO, L. A.; MONTENEGRO, A. A. T.; SOUSA NETO, J.; LIMA, R. N. Influência da adubação NPK sobre a produção e qualidade dos frutos de bananeira cv. "Pacovan". *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 39, n. 01, p. 45-52, Jan.-Mar., 2008.
- DONATO, S. L. R.; LÉDO, A. A.; PEREIRA, M. C. T.; COELHO, E. F.; COTRIM, C. E.; COELHO FILHO, M. A. Estado nutricional de bananeiras tipo Prata sob diferentes sistemas de irrigação. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.45, n.9, p.980-988, set. 2010.
- DORDAS, C.; SAH, R.; BROWN, P. H.; ZENG, Q.; HU, H. Remobilização e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. de. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/ FAPESP/ POTAFOS, 2001. p. 43- 69.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. São Paulo: EDUSP, 1975. 34 p.
- FARIA, N.G. Absorção de nutrientes por variedades e híbridos promissores de bananeira. *Dissertação de Mestrado - Escola de Agronomia, UFBA, Cruz das Almas, 66 p., 1997.*
- FLORA, A. P.; BRUGGER, B. P.; SANTOS, F. R.; COUTO, F. P.; NEGRÃO, R. G. Estresse nutricional em plantas. Disponível em: <http://www.webartigos.com/artigos/estresse-nutricional-em-plantas/34518/>. Acesso em 05 de janeiro de 2017.
- FRANÇA, F. G.; GODOY, L. J. G.; SANTANA, K. C. R.; FRANÇA, F. K.; FRANÇA, C. C. Estado nutricional e produtividade da bananeira cv. Grande Naine em função do parcelamento da adubação ou utilização de fertilizante de liberação controlada. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 21., 2010, Natal. Resumos... Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. 1 CD-ROM.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *FAOSTAT – Comercio: bananas*. 2007. Disponível em: Acesso em: 22 de dezembro de 2012.
- GIRIJA, C.; SMITH, B. N.; SWAMY, P. M. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Environmental Experimental Botany*, v. 47, n. 01, p. 1-10, 2002.
- GONÇALVES, V. D.; NIETSCH, S.; PEREIRA, M. C. T.; SILVA, S. O.; SANTOS, T. M. dos.; OLIVEIRA, J.R.; FRANCO, L. R. L.; RUGGIERO, C. Avaliação dos cultivares de bananeira prata-anã, thap maeo e caipira em diferentes sistemas de plantio no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 371-376, jun. 2008.
- GUINDANI, R. H. P.; ANGHINONI, I.; NACHTIGALL, G. R. DRIS na avaliação do estado nutricional do arroz irrigado por inundação. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:109-118, 2009.
- INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION - IFA. *World fertilizer use manual*. Paris, 1992. 404 p.

- JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses. Los Angeles, University of California, 1959. v.766. p.32-33.
- JONES, A. Proposed modifications of the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for interpreting plant analyses. Communication in Soil Science Plant Analysis, v.12, p.785-794, 1981.
- KAWASAKI, T.; AKIBA, T.; MORITSUGU, M. Effects of high concentrations of sodium chloride and polyethylene glycol on the growth and ion absorption in plants: I. Water culture experiments in a greenhouse. Plant and Soil, Dordrecht, v.75, p.75-85, 1983.
- KURIHARA, C.H. Demanda de nutrientes pela soja e diagnose do seu estado nutricional. Viçosa, MG, UFV, 2004. (Tese de Doutorado).
- LACERDA, C. F. et al. Influência do cálcio sobre o crescimento e solutos em plântulas de sorgo estressadas com cloreto de sódio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 02, p. 289-295, 2004.
- LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. Bioscience Journal, Uberlândia, v.19, n.2, p. 115-125, May/Aug. 2003.
- LEONEL, S.; GOMES, E. M. ; PEDROSO, C. J. Desempenho agrônômico de bananeira micropropagadas em Botucatu/SP. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. 2003.
- LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Teores nutricionais em folhas e frutos de figueira, submetida a épocas de poda e irrigação. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 2, p. 347-360, abr./jun. 2009.
- LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. de A. Fruticultura Irrigada no Vale do São Francisco: Incorporação Tecnológica, Competitividade e Sustentabilidade. Revista Econômica do Nordeste, v.32, p.611-632, 2001.
- LIMA, V. L. A. Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem. Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG. 100p. 1998. Tese de Doutorado.
- LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177p.
- LOPES, A. S. Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Potafos, 1984.
- LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C. Levantamento fitopatológico de doenças da bananeira com ênfase à Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, MORELET) nos municípios produtores de banana da Paraíba. Circular Técnica da EMEPA. Lagoa Seca, 2004. 12 p.
- LOPES, E. B.; BRITO, C. H. de; ALBUQUERQUE, I. C. de; OLIVEIRA, A. R. R. de. Influência de fatores químicos do solo sobre a incidência do mal-do-Panamá na bananeira cv. Pacovan na Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v. 8, n. 1 - 1º Semestre, 2008.
- MAHOUACHI, J. Changes in nutrient concentrations and leaf gas exchange parameters in banana plantlets under gradual soil moisture depletion. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 120, n. 4, p. 460-466, 2009.
- MAIA, C. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P. G. S.; MALAVOLTA, E. (Org.). Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas, Piracicaba: Potafos, 1999. 1 CD-ROM.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GHEYI, R. H.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.292-295, 2005.

- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: CERES, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. Sao Paulo: Agronomica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MALBURG, J. L.; LICHTEMBERG, L. A.; ANJOS, J. T. dos; UBERTI, A. A. A.; Levantamento nutricional de bananeiras catarinenses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1984, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF, 1984. p. 256-275.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTIN-PREVEL, P.; GAENARD, J.; GAUTIER, P. L'analyse vegetable dans le controle de l'alimentation des plantes temperées et tropicales. Paris: Techn. Docum., 1984. 802 p.
- MEMON, N.; MEMON, K. S.; ZIA-UL-HASSAN. Plant analysis as a diagnostics tool for evaluating nutritional requirements of bananas. International Journal of Agriculture & Biology, Faisalabad, v. 7, n. 5, p. 824-831, 2005.
- MOSTAFA, E. A. M.; SALEN, M. M. S.; ABD ELMIGEED, M. M. M. Response of plants to soil and foliar applications of magnesium. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science, Punjab, v. 2, n. 2, p. 141-146, 2007.
- OHNSON, C.M. & ULRICH, A. Analytical methods for use in plants analyses. Los Angeles, University of California, 1959. v.766. p.32-33.
- OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um Latossolo da Amazônia. Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.29 no.3 Viçosa May/June 2005.
- OLIVEIRA, P. R.; MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V. Desempenho agrônômico e estado nutricional do capim mombaça fertirrigado com águas residuárias de curtume. Engenharia na Agricultura, viçosa - mg, v.21 n.2, março/abril 2013.
- PARENT, L.E., ISFAN, D., TREMBLAY, N., KARAM, A. Multivariate nutriente diagnosis of the carrot crop. Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 420-426, 1994.
- PAULA, V.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L. Qualidade de água usada na agricultura urbana na cidade do Recife. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.9, p.123-127, 2005.
- PEREIRA, F. H. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; AQUINO, L. A. Produção de biomassa e rizomas e incidência de "Metsubure" em taro submetido a doses de potássio com e sem adição de cálcio. Hortic. Bras. vol.24 no.1 Brasília Jan./Mar. 2006.
- PINTO, J.M.; FARIA, C.M.B.; SILVA, D.S.; FEITOSA FILHO, J.C. Doses de nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. Irriga, Botucatu, v.10, n.1, p.46-52, 2005.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, Potafós, 1991. 343 p.
- RATKE, R. F.; SANTOS, S. C.; PEREIRA, H. S.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C. Desenvolvimento e produção de bananeiras Thap Maeo e Prata-Anã com diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. Rev. Bras. Frutic. vol.34 no.1 Jaboticabal Mar. 2012.

- REIS JÚNIOR, R. A.; CORRÊA, J. B.; CARVALHO, J.G.; GUIMARÃES, P. T. G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região sul de Minas Gerais: normas DRIS e teores foliares adequados. Rev. Bras. Ci. Solo., 26:801-808, 2002.
- RODRIGUES, M. G. V.; RUGGIERO, C.; NATALE, W.; PACHECO, D. D. Nutrição e produção da bananeira 'Prata-anã' adubada com zinco e boro diretamente no rizoma, via muda desbastada. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 645-651, 2007.
- ROZANE, D. E., PRADO, R. M., ROMUALDO, L. M. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da aveiapreta cultivar comum. Científica, Jaboticabal, 36(2):116 – 122, 2008.
- SANTOS, V. P.; FERNANDES, P. D.; MELO, A. S.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M.; BONFIM, L. V. Fertirrigação da bananeira cv. prata-anã com N e K em um argissolo vermelho-amarelo. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.31, n.2, p.567-573, 2009.
- SENA, J. V. C. Aspectos da produção e mercado da banana no Nordeste. Informe Rural Etene, n.10, Ano V – Julho de 2011.
- SERRA, A.P, NORMAS E FUNÇÕES DRIS PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* r *latifolium*). 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados.
- SILVA, E. B.; BORGES, A. L.; RODRIGUES, M. G. V. Situação da fertilidade do solo e nutrição da bananeira no Norte de Minas Gerais. In: SIMPOSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. Anais... Nova Porteirinha: EPAMIG, 2001. p. 74 -90.
- SILVA, E. B.; PINHO, P. J.; CARVALHO, J. G.; RODRIGUES, M. G. V. Nível de suficiência de zinco para bananeira 'Prata Anã' por meio do DRIS. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2007.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; MALBURG, J. L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. Informe agropecuário, 20:21-36, 1999.
- SILVA, J. T. A.; CARVALHO, J. G. Avaliação nutricional de bananeira 'Prata Anã' (AAB), sob irrigação no semi-árido do norte de Minas Gerais, pelo método DRIS. Ciência e agrotecnologia. vol. 29, n. 4, pp. 731-739, 2005.
- SILVA, J. T. A.; PEREIRA, R. D.; RODRIGUES, M. G. V. Adubação da bananeira 'Prata Anã' com diferentes doses e fontes de nitrogênio. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.16, n.12, p.1314-1320, 2012.
- SILVA, E. B.; RODRIGUES, M. G. V. Levantamento nutricional dos bananais da região norte de Minas Gerais pela análise foliar. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 695-698, 2001.
- SILVA, J. T. A.; SILVA, I. P.; MOURA NETO, A.; COSTA, É. L. Aplicação de potássio, magnésio e calcário em mudas de bananeira 'Prata-Anã' (AAB). Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 782-786, setembro 2008.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 25, n. 01, p. 152-155, 2003.
- SILVA, J.T. A. Efeito do nitrogênio sobre o pH do solo, absorção de Mn e produtividade de bananeira cv. Prata-Anã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina. Anais... Londrina: SBCS, 2001. (CD – ROM).

SMITHSON, P. C.; MCINTYRE, B. D.; GOLD, C. S.; SSALI, H.; NIGHT, G.; OKECH, S. Potassium and magnesium fertilizers on banana in Uganda: yields, weevil damage, foliar nutrient status and DRIS analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, London, v.69, n.1, p.43-49, 2004.

SOTO, M. Bananas: cultivo y comercialización. 2.ed. San José : Litografía y Imprenta, 1992. 520p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. 2004. *Fisiologia Vegetal*. 3ª ed., Artmed, Porto Alegre, 719 p.

SOUZA, M. S.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. V. T.; SILVA, O. M. P.; CHAVES, S. W. P. Estado nutricional da melancia fertirrigada com doses de nitrogênio e fósforo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 4, suplemento, p. 2301-2316, 2014.

TEIXEIRA, L. A. J.; SANTOS, W. R.; BATAGLIA, O. C. Diagnose nutricional para nitrogênio e potássio em bananeira por meio do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) e de níveis críticos. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 530-535, agosto 2002.

TEIXEIRA, L. A. J.; ZAMBROSI, F. C. B.; BETTIOL NETO, J. E. Avaliação do estado nutricional de bananeiras do subgrupo Cavendish no estado de São Paulo: normas DRIS e níveis críticos de nutrientes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, p. 613-620, 2007.

TERRA, M. M.; GERGOLETTI, I. F.; PIRES, E. J. P.; BOTELHO, R. V.; SANTOS, W. R.; TECCHIO, M. A. Avaliação do estado nutricional da videira `Itália` na região de São Miguel Arcanjo-SP, utilizando o sistema integrado de diagnose e recomendação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 29, p. 710-716, 2007.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcio, magnesio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Vicosa, MG: Universidade Federal de Vicosa, 2006. p. 398-325.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; FONSECA, S.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. Três métodos de cálculo do dris para avaliar o potencial de resposta à adubação de árvores de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 22:661-666, 1998.

WADT, P. G. S.; SILVA, D. J.; MAIA, C. E.; TOMÉ JÚNIOR, J. B.; PINTO, P. A. C.; MACHADO, P. L. O. A. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.1, p.57-64, jan. 2007.

WADT, P., DIAS, J. R. M., PEREZ, D. V., & LEMOS, C. O. Interpretação de Índices DRIS para a cultura do Cupuaçu. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(1):125-135. 2012.

WADT, P. G. S. Relationships between soil class and nutritional status of coffee plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 227-234, 2005.

WADT, P.G.S. Os métodos da Chance Matemática e do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na avaliação nutricional de plantios de eucalipto. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 99p. (Tese de doutorado).

WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ VENEGAS, V.H.; BRAGANÇA, S.M. Alternativas da aplicação do DRIS à cultura de café Conilon (*Coffea canephora* Pierre). *Scientia Agricola*, v.56, p.83-92, 1999.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Sci.*, New York, v. 6, p. 149-188, 1987.

WALWORTH, J.L. et al. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. *Agron. J.*, Madison, v. 78, n. 6, p. 1046-1052, 1986.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? [S.I.]: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2000. 5p. (Informações Agronômicas, 90).

Aaron de Sousa Alves

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE BANANA ‘PACOVAN’ PRODUZIDA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO VIA ÁGUA SUPERFICIAL POLUÍDA

RESUMO: A irrigação com águas de baixa qualidade visando à obtenção de produtos com qualidades satisfatórias sem maiores danos ambientais, requer uma forte integração de esforços. Neste cenário, avaliaram-se os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre as características físicas e nutricionais de frutos de bananeira ‘Pacovan’. Foram testados dois fatores: Nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de sulfato de amônio) e Potássio (0, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na forma de cloreto de potássio), no delineamento em blocos ao acaso com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Em meio aos resultados alcançados, percebe-se que, as doses resultantes do melhor equilíbrio nutricional da bananeira (15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹) proporcionaram cachos com 6,0 kg a menos, contendo frutos apenas 15,3 g mais leves, 2,5 cm menores e 0,5 cm menos espessos, que aqueles encontrados nas doses máxima de N e K definidas pelos modelos estatísticos. Do mesmo modo, é importante mencionar que os teores de K e Mn encontrados nos frutos colhidos no 3º ciclo excederam os limites nutricionais máximos para ingestão diária definidas pela National Academy of Sciences e, portanto, podem apresentar restrições para consumo. As concentrações máximas dos nutrientes encontrados nos frutos, resultante das doses de N e K que melhor expressam o equilíbrio nutricional da cultura obedeceu à ordem K > N > Mg > Ca > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na no 2º ciclo; e K > N > Ca > Mg > P > S > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na no 3º ciclo.

Palavras-chave: Irrigação localizada, água de baixa qualidade, exportação de nutrientes

PHYSICAL-CHEMICAL QUALITY OF BANANA 'PACOVAN' PRODUCED UNDER NITROGEN AND POTASSIUM LEVELS BY WATER SURFACE POLLUTED

ABSTRACT: Irrigation with low quality water in order to obtain products with satisfactory qualities without major environmental damage, requires a strong integration of efforts. In this scenario, the effects of fertirrigation with different levels of nitrogen and potassium, via low-quality water of the Bodocongó River, on the physical and nutritional characteristics of banana 'Pacovan'. Two factors were tested. Nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of ammonium sulfate) and Potassium (0, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the form of potassium chloride), in the block design with treatments arranged in a 4 x 4 factorial scheme, with three replications. Among the results obtained, the levels resulting from the best nutritional balance of the banana tree (15 kg of N ha⁻¹ and 19 kg of K ha⁻¹) provided bunches weighing 6.0 kg less, containing fruits only 15.3 g lighter, 2.5 cm smaller and 0.5 cm less thick than those found at the maximum levels of N and K defined by the statistical models. Likewise, it is important to mention that the levels of K and Mn found in fruits harvested in the third cycle exceed the maximum nutritional limits for daily intake defined by the National Academy of Sciences and, therefore, may present restrictions for consumption. The maximum concentrations of nutrients found in the fruits resulting from the N and K doses that best express the nutritional balance of the crop obeyed the order K > N > Mg > Ca > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na in the second cycle; And K > N > Ca > Mg > P > S > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na in the third cycle.

Key words: Localized irrigation, low quality water, export of nutrients

1. INTRODUÇÃO

A bananicultura nacional é vista, atualmente, como uma das mais rentáveis e promissoras atividades frutícolas, sobretudo nos polos de fruticultura irrigada. Contudo, sua expansão requer uma forte integração de esforços, dentre os quais, o fornecimento de água e nutrientes por meio das irrigações no momento oportuno e em quantidades adequadas, bem como a utilização de águas baixa qualidade na irrigação, como alternativa para se reduzir os custos com aquisição de fertilizantes e ainda, se obter frutos com qualidades satisfatórias sem maiores danos socioeconômicos e ambientais são algumas das dificuldades que se encontram nesse processo produtivo.

Sabe-se, no entanto, que do ponto de vista nutricional da bananeira, o nitrogênio e o potássio são indispensáveis ao incremento da produtividade da cultura (SILVA et al., 2003). Pois são absorvidos e exportados em grandes quantidades pela planta e, quando não repostos ao solo, podem provocar declínio na produtividade e na qualidade dos frutos produzidos (SOUSA et al., 2004). O potássio consiste no elemento mais importante para a banana conforme relatam Lahav e Turner (1983). Sendo encontrado em quantidade elevada, aproximadamente 62% do total de macronutrientes e 41% do total de nutrientes da planta; além disso, mais de 35% do K total absorvido é exportado pelos frutos (BORGES e OLIVEIRA, 2000). Em valores equivalentes a 5,2 kg de K exportado por tonelada de cachos produzidos (BORGES et al., 2003). Esse nutriente atua ainda como um osmorregulador dissolvido no suco celular, em que sua acumulação cria um gradiente osmótico que permite o movimento de água, regulando a abertura e fechamento dos estômatos, exercendo um papel essencial na turgescência das células, transporte de carboidratos e respiração (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

Quanto ao nitrogênio, Epstein e Bloom (2006) destacam ainda que este nutriente compõe as moléculas de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e bases nitrogenadas, participando de processos, como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Sendo extremamente importante para o crescimento vegetativo da planta e para o aumento do número de pencas no cacho (BORGES et al., 1999).

Assim, o fornecimento destes nutrientes à bananeira via água de irrigação em quantidades adequadas e no momento oportuno, parece ser uma opção tecnológica economicamente viável e ecologicamente correta para o processo de produção da bananeira. Pois otimiza o uso desses insumos e aumenta a eficiência da adubação por meio do fracionamento das doses recomendadas de acordo com a demanda nutricional da cultura (MELO et al., 2009). Exercendo efeito positivo na absorção e no aproveitamento de nutrientes pelas plantas (VILLAS BÔAS et al., 2001). E ainda

promovendo um ótimo desenvolvimento, permitindo a obtenção da produção continuada e uniforme com frutos de boa qualidade (COSTA, 2009).

A banana pode ser comercializada por dúzia, quilo e até mesmo por unidade, em que, a qualidade dos frutos é fator determinante para sua comercialização, sendo um alimento constante na dieta dos brasileiros, devido às suas características sensoriais e nutricionais (RAMOS e LEONEL, 2009). Rico em carboidratos, potássio e fibras solúveis, possui teores médios de açúcares e vitamina A, e baixos teores de proteínas e vitaminas B e C (JESUS et al., 2004). Contém também, água, cinzas, lipídeos, nutrientes como P, Mg, Na, dentre outros encontrados em menores quantidades (MATSUURA et al., 2004). Além de possuir excelente sabor, que conferem ao fruto uma amplamente aceitabilidade entre todas as faixas etárias e níveis sociais (JESUS et al., 2004). Para CASTILHO et al., (2014) estas características fazem da banana a quarta mercadoria mais comercializada no mundo e em muitas áreas é o principal produto alimentício. Neste cenário, Aguiar (2006) coloca o Brasil como o maior consumidor mundial de bananas.

Entretanto, é interessante a criação de subsídios que promova o consumo equilibrado dos nutrientes segundo as quantidades diárias recomendadas, para tal, faz-se necessário o conhecimento da composição desse alimento. Que, de acordo com Torres et al. (2000) são importantes para inúmeras atividades, como para avaliar o suprimento e o consumo alimentar de um país, verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos e de populações, avaliar o estado nutricional, desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença, na indústria de alimentos, além de outras.

Assim, com a caracterização da qualidade de frutos da bananeira produzida na região contribuirão para a geração de informações básicas que poderão auxiliar na busca de métodos de produção mais eficientes e seguros que afirmem a estruturação e o desenvolvimento da atividade frutícola local, com a obtenção de produções satisfatórias e frutos com qualidades desejáveis para sua consolidação frente ao mercado consumidor. Esses argumentos, segundo Torres et al. (2000) são indispensáveis ao bom planejamento agropecuário.

Neste cenário, avaliaram-se os efeitos da fertirrigação com diferentes doses de nitrogênio e potássio, via água de baixa qualidade do Rio Bodocongó, sobre as características físicas e nutricionais de frutos de bananeira cv. Pacovan.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações dos caracteres físicos e químicos dos frutos da bananeira 'Pacovan' ocorreram nos 2º e 3º ciclos de produção da cultura. Para tal, coletou-se, uma amostra composta

por 9 frutos, retirados, no total de três frutos situados na porção intermediária das pencas localizadas na porção superior, central e inferior dos cachos colhidos em três plantas de cada bloco, embora a parcela experimental tenha sido composta de quatro plantas úteis. Assim, em cada unidade experimental (parcela) foi coletada uma amostra composta por 27 frutos, que totalizam 61 frutos por tratamento. O ponto de colheita dos cachos foi determinado com base na aparência dos frutos, segundo o estado de maturação fisiológica dos mesmos. Os frutos foram acondicionados, separadamente, em sacos plásticos, devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório de Irrigação e Drenagem da UFCG para avaliação dos componentes de produção da bananeira 'Pacovan'.

Realizou-se a caracterização física dos frutos coletados em cachos colhidos nas plantas avaliadas em cada parcela experimental, conforme cada tratamento, com base nas seguintes variáveis:

a) Comprimento médio dos frutos (CMF): obtido com o auxílio de uma fita milimetrada tomando-se o valor médio das medidas das curvaturas interna e externa de cada fruto, partindo-se da base do pedúnculo até o ápice dos mesmos, sendo os resultados expressos em cm;

b) Diâmetro médio dos frutos (DMF): tomado simultaneamente às medições de comprimento, com um paquímetro digital, aferindo-se a região mediana dos mesmos frutos em que foram tomadas as medidas de comprimento, cujos, resultados foram expressos em cm;

c) Peso médio dos frutos (PMF): determinado com o auxílio de uma balança analítica, tomando-se o valor médio obtido com as pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária das pencas superior, central e inferior de cada cacho, em que resultados foram expressos em g;

d) Peso médio das pencas (PMP): foi obtido tomando-se como referência o valor médio obtido com as pesagens dos frutos amostrados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, a quantificação do total de frutos produzidos em cada penca e o número de pencas contabilizadas em cada cacho produzido pelas plantas de bananeira, conforme cada tratamento experimental, sendo os resultados expressos em kg;

e) Peso médio dos cachos (PMC): estimado a partir do total de frutos produzidos em cada cacho e dos valores médios obtidos com as pesagens dos frutos (PMF), amostrados na porção intermediária de cada penca localizada nas partes superior, central e inferior de cada cacho, conforme cada tratamento experimental, em que os resultados foram expressos em kg.

Após as avaliações dos caracteres físicos, os frutos amostrados foram lavados em água corrente e seco em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C, até se obter peso constante. As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e passadas em peneira de malha de 0,841 mm, armazenado em frascos hermeticamente fechados, devidamente identificados e encaminhados ao

Laboratório de Fertilidade do Solo do Instituto Agronômico de Campinas-SP, onde se procedeu a análise química dos frutos, de acordo com o método proposto por Malavolta et al. (1997).

Para determinação dos teores dos macronutrientes Nitrogênio (N); Fósforo (P) e Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e dos micronutrientes Ferro (Fe); Zinco (Zn); Cobre (Cu); Manganês (Mn); Boro (B); Sódio (Na) e Cloro (Cl) o material, seco e moído, foi submetido à digestão nitroperclórica (JOHNSON e ULRICH, 1959).

Uma vez coletados, os dados foram analisados segundo os efeitos das doses de N e K, fornecidos por meio das fertirrigações, sobre os componentes de produção e dos teores de macro e micronutrientes presentes nos frutos da bananeira, seguindo o delineamento adotado neste estudo, em que, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F até 5% de significância. Para as situações em que se verificou efeitos significativos dos fatores, se ajustou equações de regressão. Para as interações significativas, se realizou análises de regressão a partir do desdobramento dos tratamentos, utilizando-se superfície de resposta para interpretar e discutir o efeito dos fatores. O software SISVAR foi utilizado para a análise estatística dos dados e o Table Curve 3D para confecção e apresentação dos gráficos resultantes das interações significativas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados (Tabelas 12) permitiu identificar que os componentes de produção da bananeira 'Pacovan' peso médio do cacho (PMC), peso médio das pencas (PMP), peso médio dos frutos (PMF), comprimento médio dos frutos (CMF) e diâmetro médio dos frutos (DMF) sofreram influências significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) das doses de N e K fornecidos à cultura, ocorrendo efeitos isolados e da interação entre os fatores.

No 2º ciclo da bananeira ocorreu efeito significativo ($p < 0,01$) das doses de N em todas as variáveis analisadas. No 3º ciclo, com exceção do diâmetro médio dos frutos (DMF) os tratamentos com N influenciaram ($p < 0,01$) o peso médio do cacho (PMC), peso médio dos frutos (PMF) e comprimento médio dos frutos (CMF) e ($p < 0,05$) o peso médio das pancas (PMP). Nos 2º e 3º ciclos se observou efeito significativo ($p < 0,05$) das doses de K apenas sobre o diâmetro médio dos frutos (DMF) e o peso médio do cacho (PMC), respectivamente. Ao se analisar a interação N x K foi observado efeito significativo ($p < 0,01$) sobre a totalidade das variáveis analisadas no 2º; no 3º ciclo apenas o peso médio do cacho (PMC) foi significativamente influenciado ($p < 0,01$).

Tabela 12. Resumo da análise de variância para os componentes de produção: peso médio do cacho (PMC), peso médio da penca (PMP), peso médio do fruto (PMF), comprimento médio dos frutos (CMF) e diâmetro médio dos frutos (DMF) nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

2º ciclo		GL	Quadrados Médios				
Fonte de Variação			PMC	PMP	PMF	CMF	DMF
Nitrogênio		3	51,408**	0,876**	5330,642**	33,079**	1,573**
Regressão Linear		1	97,461**	1,715**	10485,047**	54,008**	2,887**
Regressão Quadrática		1	53,384**	0,642**	4778,026**	44,333**	1,666**
Regressão Cúbica		1	3,379 ^{ns}	0,269*	728,853 ^{ns}	0,895 ^{ns}	0,168 ^{ns}
Potássio		3	5,077 ^{ns}	0,061 ^{ns}	137,564 ^{ns}	3,476 ^{ns}	0,256*
Regressão Linear		1	11,953 ^{ns}	0,095 ^{ns}	80,204 ^{ns}	8,813 ^{ns}	0,521*
Regressão Quadrática		1	0,279 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,007 ^{ns}	1,609 ^{ns}	0,222 ^{ns}
Regressão Cúbica		1	2,997 ^{ns}	0,080 ^{ns}	332,478 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,024 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio		9	13,803**	0,192**	955,966**	15,221**	0,754**
Bloco		2	2,691 ^{ns}	0,069 ^{ns}	532,928 ^{ns}	6,569 ^{ns}	0,294 ^{ns}
Resíduo		30	4,061	0,041	253,231	2,558	0,087
CV (%)			25,55	19,65	18,41	12,56	8,93
3º ciclo		GL	Quadrados Médios				
Fonte de Variação			PMC	PMP	PMF	CMF	DMF
Nitrogênio		3	35,893**	0,709*	2927,666**	11,307**	0,294 ^{ns}
Regressão Linear		1	96,418**	1,809**	8213,049**	18,822**	0,426 ^{ns}
Regressão Quadrática		1	0,691 ^{ns}	0,162 ^{ns}	270,702 ^{ns}	13,505*	0,009 ^{ns}
Regressão Cúbica		1	10,568 ^{ns}	0,159 ^{ns}	299,244 ^{ns}	1,596 ^{ns}	0,445 ^{ns}
Potássio		3	16,969*	0,222 ^{ns}	240,189 ^{ns}	3,478 ^{ns}	0,138 ^{ns}
Regressão Linear		1	27,730*	0,247 ^{ns}	336,138 ^{ns}	5,307 ^{ns}	0,248 ^{ns}
Regressão Quadrática		1	15,595 ^{ns}	0,347 ^{ns}	341,173 ^{ns}	4,973 ^{ns}	0,112 ^{ns}
Regressão Cúbica		1	7,583 ^{ns}	0,070 ^{ns}	43,256 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,053 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio		9	16,512**	0,231 ^{ns}	712,496 ^{ns}	1,729 ^{ns}	0,199 ^{ns}
Bloco		2	2,593 ^{ns}	0,198 ^{ns}	1116,813 ^{ns}	1,609 ^{ns}	1,275 ^{ns}
Resíduo		30	4,682	0,209	437,468	1,928	0,532
CV (%)			17,13	27,23	14,64	14,65	23,46

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Os efeitos significativos da interação N x K (Figura 12) simbolizaram que ocorreram influências ($p < 0,01$) das doses de N e K aplicadas sobre o peso médio dos cachos (PMC), em que a aplicação de 131,6 kg de N ha⁻¹ na ausência do K no 2º ciclo conferiu um peso máximo de 9,9 kg aos cachos colhidos nesse período (Figura 12a). Contudo, 4,8 kg a menos em relação ao peso máximo obtido nos cachos colhidos nas bananeiras que não receberam qualquer dosagem dos fertilizantes aplicados no 3º ciclo (Figura 12b). O peso médio dos cachos decorrente do melhor equilíbrio nutricional da bananeira, ou seja, das respectivas doses de N e K que conferiram Índice DRIS nulo, do nutriente mais exigido pela cultura foi 8,5 e 14,55 kg, respectivamente, nos 2º e 3º ciclos.

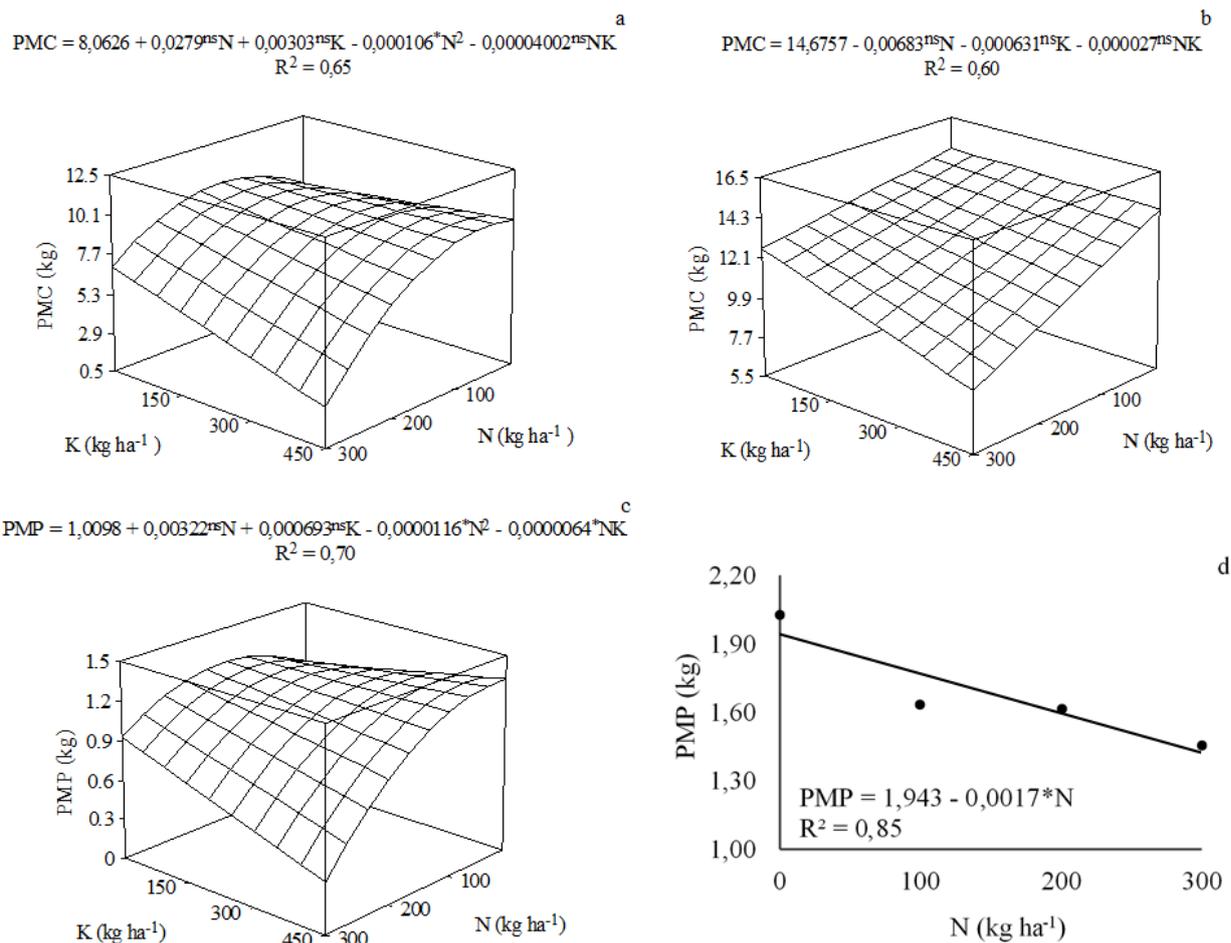


Figura 12. Peso médio do cacho - PMC (a; b) e peso médio da penca - PMP (c; d) produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

No 2º ciclo, pencas mais pesadas (1,23 kg) foram obtidas nos tratamentos que receberam, via fertirrigação, a dosagem de N equivalente a 138,8 kg ha⁻¹, sem que, no entanto, se tenha aplicado qualquer dosagem de K (Figura 12c). No 3º ciclo, houve um declínio de aproximadamente 170 g no peso médio das pencas (PMP) para cada 100 kg de N fornecido à bananeira (Figura 12d). No 2º ciclo, se observaram pencas com 1,07 kg oriundas de cachos colhidos em plantas consideradas nutricionalmente equilibradas.

As doses dos fertilizantes aplicados à bananeira via fertirrigação, também influenciaram o peso e o comprimento médio dos frutos nos 2º e 3º ciclos (Figuras 13a a 13d) e o diâmetro médio dos frutos colhidos apenas no 2º ciclo de produção da bananeira 'Pacovan' (Figura 13e).

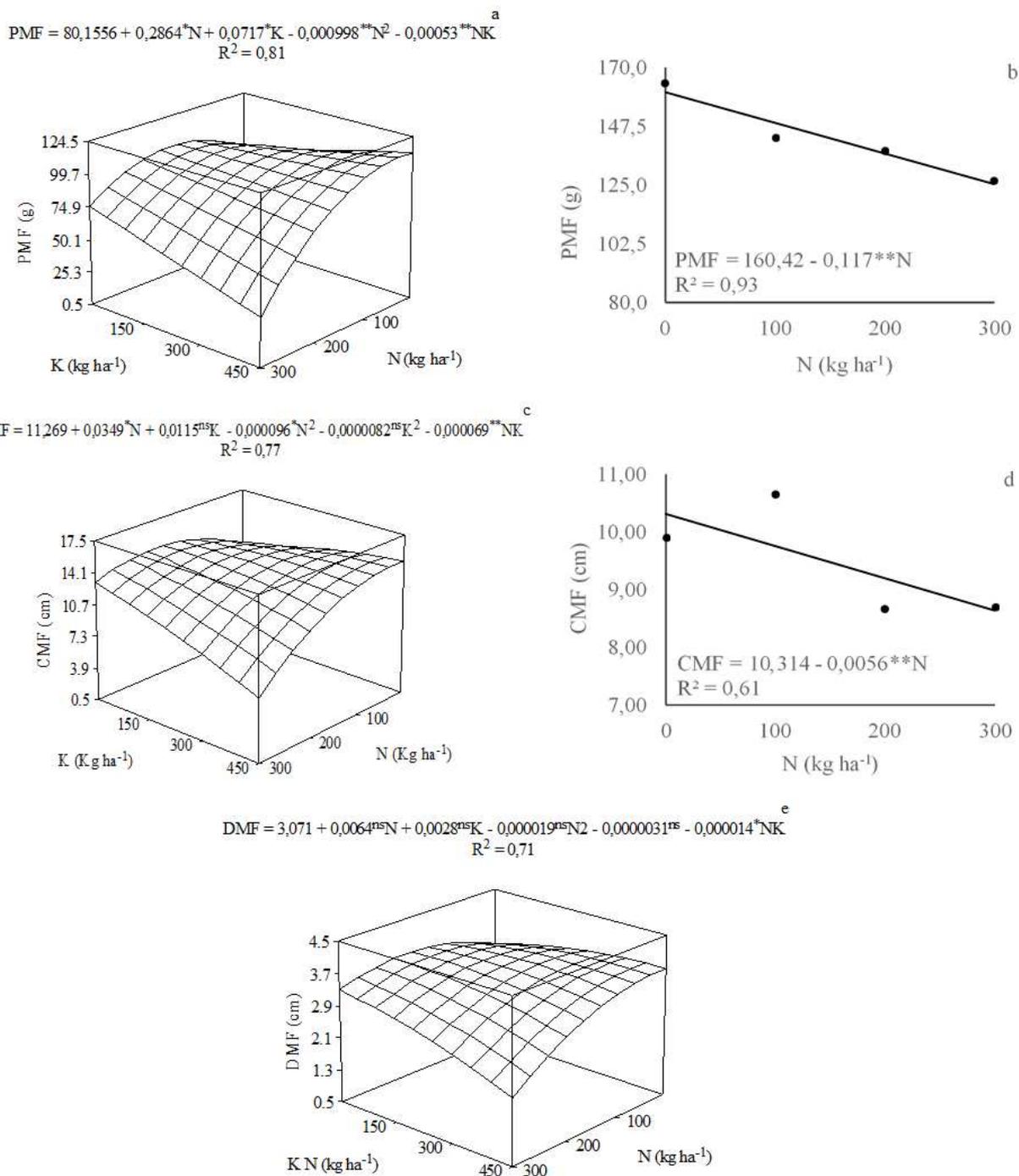


Figura 13. Peso médio do fruto - PMF (a; b), comprimento médio do fruto - CMF (c; d) e diâmetro médio do fruto (e) produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Se observou no 2º ciclo, que, ao se fornecer 143,5 kg de N ha⁻¹ sem K, os frutos da bananeira 'Pacovan' pesaram no máximo 100,7 g (Figura 13a). No 3º ciclo, para cada 100 kg de N ha⁻¹ adicionado às fertirrigações, se verificou uma redução de 11,7 g no peso médio dos frutos (Figura 13b). Similarmente, nos tratamentos sem K associado a 181,8 kg de N ha⁻¹ o comprimento médio dos frutos colhidos no 2º ciclo foi no máximo 14,4 cm (Figura 13c).

Todavia, ressalta-se que no 3º ciclo, se observou reduções de 0,56 cm no tamanho dos frutos para cada 100 kg de N ha⁻¹ fornecido à bananeira via fertirrigação (Figura 13d). Os efeitos significativos das doses de N e K verificados apenas no 2º ciclo, sendo possível constatar que, na associação de 168,4 kg de N ha⁻¹ e 150 kg de N ha⁻¹, se produziu frutos mais espessos, medindo, assim, 3,7 cm de diâmetro (Figura 13e).

Do ponto de vista nutricional, deve-se considerar que ao se fornecer conjuntamente as doses equivalentes a 15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹, no 2º ciclo, os frutos da bananeira 'Pacovan' foram apenas 15,3 g mais leves, 2,5 cm menores e 0,5 cm menos espessos, que aqueles encontrados nas doses de N e K estimadas nos modelos estatísticos.

Ledo et al. (2008), estudando as cultivares Thap Maeo e Prata Anã em Propriá-SE, obtiveram frutos com peso médio de 86,7 g e 116,3 g, respectivamente. Já estudos realizados por Rodrigues et al. (2006) no Norte de Minas Gerais e Donato et al. (2006) em Guanambi-BA, com bananeiras 'Prata Anã' relataram resultados superiores, cujos valores alcançados foram, respectivamente, de 140 e 155,80 g frutos⁻¹.

Do mesmo modo, alguns autores obtiveram resultados semelhantes em estudos realizados com a cultura da bananeira, a exemplo de Coelho et al. (2006) que, ao avaliarem o crescimento e produtividade de bananeira terra no recôncavo baiano, obtiveram um comprimento máximo de frutos da segunda penca de 26,75 cm. Macêdo et al. (2007) obtiveram o comprimento máximo de 21,80 cm em frutos de bananeiras sob fertilização nitrogenada. Em experimento com bananeiras Prata-anã, Damatto Junior et al. (2011) e Damatto Junior et al. (2006) observaram frutos com comprimento médio de 16,59 e 13,0 cm, respectivamente.

Rodrigues et al. (2001) obtiveram frutos com diâmetro médio de 3,2 cm; Coelho et al. (2006) e Macêdo et al. (2007) observaram frutos da segunda penca com diâmetro médio de 4,1 e 3,98 cm, respectivamente. Neste contexto, Damatto Junior et al. (2011) destacam que a questão de diâmetro de frutos é bastante variável pois este é um dos fatores que determinam o ponto ideal de colheita dependendo do destino que se pretende dar aos frutos pois, normalmente, frutos para consumo local são colhidos com diâmetros maiores enquanto que frutos para serem transportados a distâncias maiores, são colhidos com diâmetros menores.

A análise de variância dos dados possibilitou distinguir que os conteúdos dos macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); e dos micronutrientes: Sódio (Na), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Boro (B), Cloro (Cl), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) encontrados nos frutos da bananeira 'Pacovan' foram significativamente influenciados ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) pelas diferentes doses de N (0; 100; 200 e 300 kg ha⁻¹) e K (0; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹) fornecidas via água de irrigação, nas condições edafoclimáticas de

Queimadas - PB, ocorrendo tanto efeitos isolados como da interação entre os fatores nos 2º e 3º ciclos de produção (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13. Resumo da análise de variância para teores de N, P, K, Ca, Mg e S em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

2º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrogênio	3	2,242**	0,007 ^{ns}	5,544**	1,653**	0,069 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,108 ^{ns}	0,019 ^{ns}	7,701**	4,571**	0,016 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	6,616**	0,001 ^{ns}	8,543**	0,235 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,386 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,065 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Potássio	3	3,305**	0,165*	12,827**	0,288*	0,027 ^{ns}	0,007 ^{ns}
Regressão Linear	1	0,238 ^{ns}	0,025 ^{ns}	14,186**	0,755**	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	8,518**	0,445**	22,155**	0,108 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,019 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	1,159*	0,026 ^{ns}	2,138 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,079 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	0,839**	0,071 ^{ns}	4,804**	1,557**	0,234**	0,002 ^{ns}
Bloco	2	0,449 ^{ns}	0,258 ^{ns}	1,188 ^{ns}	0,457 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,013 ^{ns}
Resíduo	30	0,204	0,056	0,844	0,086	0,058	0,007
CV (%)		5,88	18,24	3,73	12,15	12,7	18,32

3º ciclo Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Nitrogênio	3	10,869**	1,317**	120,289**	78,190**	17,139**	1,288**
Regressão Linear	1	2,334**	0,262*	175,241**	156,590**	35,620**	2,443**
Regressão Quadrática	1	12,824**	0,001 ^{ns}	21,387**	72,178**	14,919**	1,357**
Regressão Cúbica	1	17,447**	3,690**	164,242**	5,804**	0,879**	0,062*
Potássio	3	0,779**	0,297**	21,940**	28,881**	3,473**	0,189**
Regressão Linear	1	0,120 ^{ns}	0,089 ^{ns}	0,476 ^{ns}	28,981**	3,370**	0,173**
Regressão Quadrática	1	0,032 ^{ns}	0,504**	4,502*	34,783**	6,135**	0,342**
Regressão Cúbica	1	2,183**	0,298**	60,843**	22,879**	0,915**	0,049*
Nitrogênio x Potássio	9	6,099**	0,192**	21,512**	21,034**	2,357**	0,232**
Bloco	2	2,560 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,537 ^{ns}	0,562 ^{ns}	2,031 ^{ns}	0,258 ^{ns}
Resíduo	30	0,082	0,036	0,685	0,132	0,048	0,011
CV (%)		3,39	10,99	2,74	7,28	7,92	16,02

** e * significativo a 1% e a 5 % de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo.

Ocorreram efeitos significativos ($p < 0,01$) das doses de N sobre os teores de N, K e Ca nos frutos analisados no 2º ciclo; similarmente, foram verificadas diferenças significativas ($p < 0,01$) sobre os teores dos macronutrientes nos frutos analisados no 3º ciclo. As doses de K exerceram efeitos isolados ($p < 0,01$) sobre as concentrações de N e K, e ($p < 0,05$) sobre os conteúdos de P e Ca nos frutos analisados no 2º ciclo; no 3º ciclo, houve influência significativa ($P < 0,01$) em todos os elementos analisados. Foram observadas interações significativas ($p < 0,01$) dos fatores sobre os teores de N, K, Ca e Mg, nos frutos analisados no 2º ciclo, ao passo que no 3º ciclo, houve efeito significativo ($p < 0,01$) da interação N x K em todas as variáveis analisadas (Tabela 13).

Os efeitos significativos da interação N x K exprimiram, que, ao se fornecer 233,44 kg de K ha⁻¹ na ausência do N, a concentração máxima de N obtida nos frutos analisados 2º ciclo foi de 8,26 g kg⁻¹ (Figura 14a). Logo, com 0,98 g kg⁻¹ a menos, em relação ao teor máximo verificado

nos frutos colhidos nas bananeiras supridas com a maior dosagem de K sem o fornecimento de N no 3º ciclo (Figura 14b).

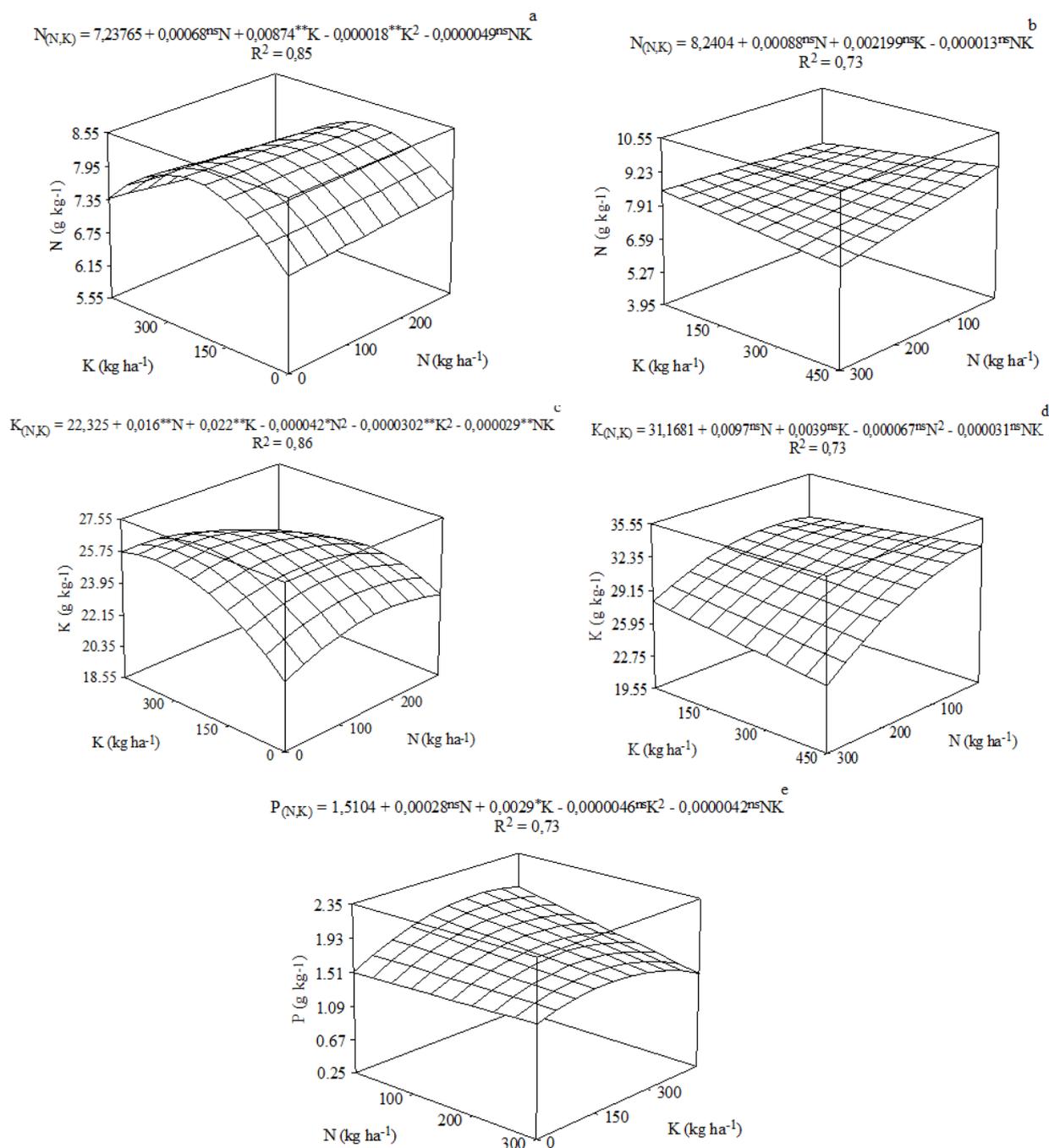


Figura 14. Concentração de N (a-b), K (c-d) e P (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Os teores máximos de N nos frutos resultante do melhor equilíbrio nutricional da bananeira, ou seja, das respectivas doses de N e K que conferiram Índice DRIS nulo, do nutriente mais exigido pela cultura foram 7,5 e 8,30 g kg⁻¹, respectivamente, nos 2º e 3º ciclos.

O acúmulo de N nos frutos aumentou em correspondência ao incremento das doses fornecidas; o que, posteriormente, resultou em concentrações mais elevadas desse nutriente nos frutos colhidos no 3º ciclo. Isto, pode ser explicado, possivelmente, pela translocação deste nutriente das folhas para o cacho, visto que, se observou uma redução do N foliar no 3º ciclo em relação ao 2º, que de maneira geral, foi cerca de 4,41 g kg⁻¹ menor.

Durante a fase de formação do cacho a bananeira remobiliza parte dos nutrientes das folhas para o cacho, levando a um nível mais reduzido. O que pode ser associado, segundo Guak et al. (2001) e Cheng et al. (2002) à capacidade das plantas em remobilizar o N das folhas. Damatto Junior et al. (2006) justificam a diminuição dos teores de N devido à translocação deste nutriente aos frutos, que, de acordo com Fontes et al. (2003) neste momento, passa a ser o dreno principal da planta.

O teor de K nos frutos colhidos no 2º ciclo da bananeira (26,23 g kg⁻¹) foi mais elevado nos tratamentos que receberam, conjuntamente, o equivalente a 100 kg de N ha⁻¹ e 300 kg de K ha⁻¹ (Figura 14c). Nas bananeiras fertirrigadas com 450 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N, no 3º ciclo (Figura 14d), se encontrou o maior conteúdo de K (32,94 g kg⁻¹). Por outro lado, o teor de 25,60 e 32,30 g kg⁻¹ foram, respectivamente, obtidos quando se utilizou as doses de N e K que representaram a máxima eficiência técnica: 184,88 kg ha⁻¹ e 350,73 kg ha⁻¹ no 2º e 72,96 kg ha⁻¹ e 450 kg ha⁻¹ no 3º ciclo da cultura. Tais valores são maiores que os teores encontrados em literatura especializada como Ramos et al. (2009) e Souza et al. (2013).

O evidente acréscimo do teor de K nos frutos observado no 3º ciclo pode ter ocorrido face à sua disponibilidade natural na água do Rio Bodocongó, sendo, portanto, transportado via irrigação, suprimindo, em parte, a demanda da bananeira por este nutriente.

Fontes et al. (2003) mencionaram em seus estudos que os menores teores foliares de K, verificados na época da inflorescência e formação do cacho das bananeiras da 1ª geração, podem ter sido ocasionados pela translocação deste nutriente das folhas para o cacho. De acordo com Lahav e Turner (1983) isso ocorre devido o K ser o nutriente mais exigido pela bananeira na época de formação do cacho. Como verificaram Hoffmann et al. (2010) ao constatarem que cerca de 14 a 23 % do K acumulado nas bananeiras Grande Naine, Pacovan, Pacovan-Apodi, Prata-Anã e Terrinha foram exportados pelo cacho, com exceção da cultivar Gross Michel, que chegou a exportar 37 % do K.

Quanto ao teor de P (Figura 14e) ocorreram diferenças significativas apenas no 3º ciclo, em que, os frutos colhidos nas bananeiras fertirrigadas com 300 kg de K ha⁻¹ na ausência de N, externaram o maior conteúdo (1,98 g kg⁻¹); mesma concentração encontrada nos frutos colhidos

nas bananeiras que receberam as doses de N e K relativas à máxima eficiência técnica: 321,55 kg de K ha⁻¹ sem a adição de N.

Soares et al. (2008) observaram em seus estudos que o P foi exportado em pequenas quantidades (3,2 e 7,9 kg ha⁻¹) pelos frutos das bananeiras 'Prata' e 'Grande Naine'. Robinson e Galán Saúco (2010) discorrem que a absorção do P requerido pela bananeira é maior entre três e nove meses após o plantio, posteriormente, na fase reprodutiva, essa absorção é reduzida em até 80%. Neste contexto, Hoffmann et al. (2010) destacaram, em seus estudos que, as bananeiras exportaram, em média, 208 g de P para cada tonelada de fruto produzido, sendo a cultivar Gross Michel a que menos exportou P (177 g t⁻¹), e as cultivares Grande Naine e Pacovan as que mais exportaram (228 g t⁻¹).

A ausência de efeito ao teor de P nos frutos no 2º ciclo da bananeira 'Pacovan'; pode estar relacionada à característica de interdependência apresentada pelas bananeiras de uma mesma família, permitindo que uma seja beneficiada da absorção do sistema radicular da outra (CAVALCANTE et al., 2005). Assim, a translocação de P ocorreria sempre na direção da planta com maior demanda; neste contexto, as bananeiras dos ciclos posteriores têm a possibilidade de absorver P pelo sistema radicular e também de recebê-lo translocado das plantas mãe, filha e neta (SILVA e RODRIGUES, 2013). O que, possivelmente, explica o maior conteúdo de P verificado 3º ciclo, que de maneira geral foi 8,50% maior que o teor mais elevado desse nutriente verificado no 2º ciclo.

Cavalcante et al. (2005) ao estudarem a interdependência na absorção e redistribuição de P entre plantas de bananeiras, mencionaram ininterrupta translocação desse nutriente entre as plantas mãe e filha. Hoffmann et al. (2010) informam que 21% do P absorvido pela bananeira são acumulados na folha e apenas 19% são translocados aos frutos. Fato também comprovado neste estudo ao se verificar que a bananeira 'Pacovan' acumulou mais P nas folhas do que nos frutos.

Os níveis crescentes dos fertilizantes fornecidos às plantas via fertirrigação, também influenciou os conteúdos de Ca nos frutos, em que, se observou, no 2º ciclo, acréscimos de 0,182 e 0,067 g kg⁻¹ respectivamente, para cada 50 kg de N e K fornecido, em que o maior teor (2,86 g kg⁻¹) foi obtido com a combinação das doses máximas de N e K (Figuras 15a). Nos tratamentos sem N associado a 300 kg de K ha⁻¹ o conteúdo de Ca nos frutos colhidos, no 3º ciclo (Figuras 15b) foi no máximo 9,11 g kg⁻¹; todavia, ressalta-se que o teor de 9,31 g kg⁻¹ obtido na dosagem de K relativa à máxima eficiência (372,06 kg ha⁻¹) sem o fornecimento de N, é maior que a faixa de 0,8 a 4,3 g kg⁻¹ observada por Salomão et al. (2004); e às médias correspondentes a 0,5 e 0,4 g kg⁻¹ verificadas por Moreira et al. (2007), respectivamente, em bananeiras nos 1º e 2º ciclos de produção.

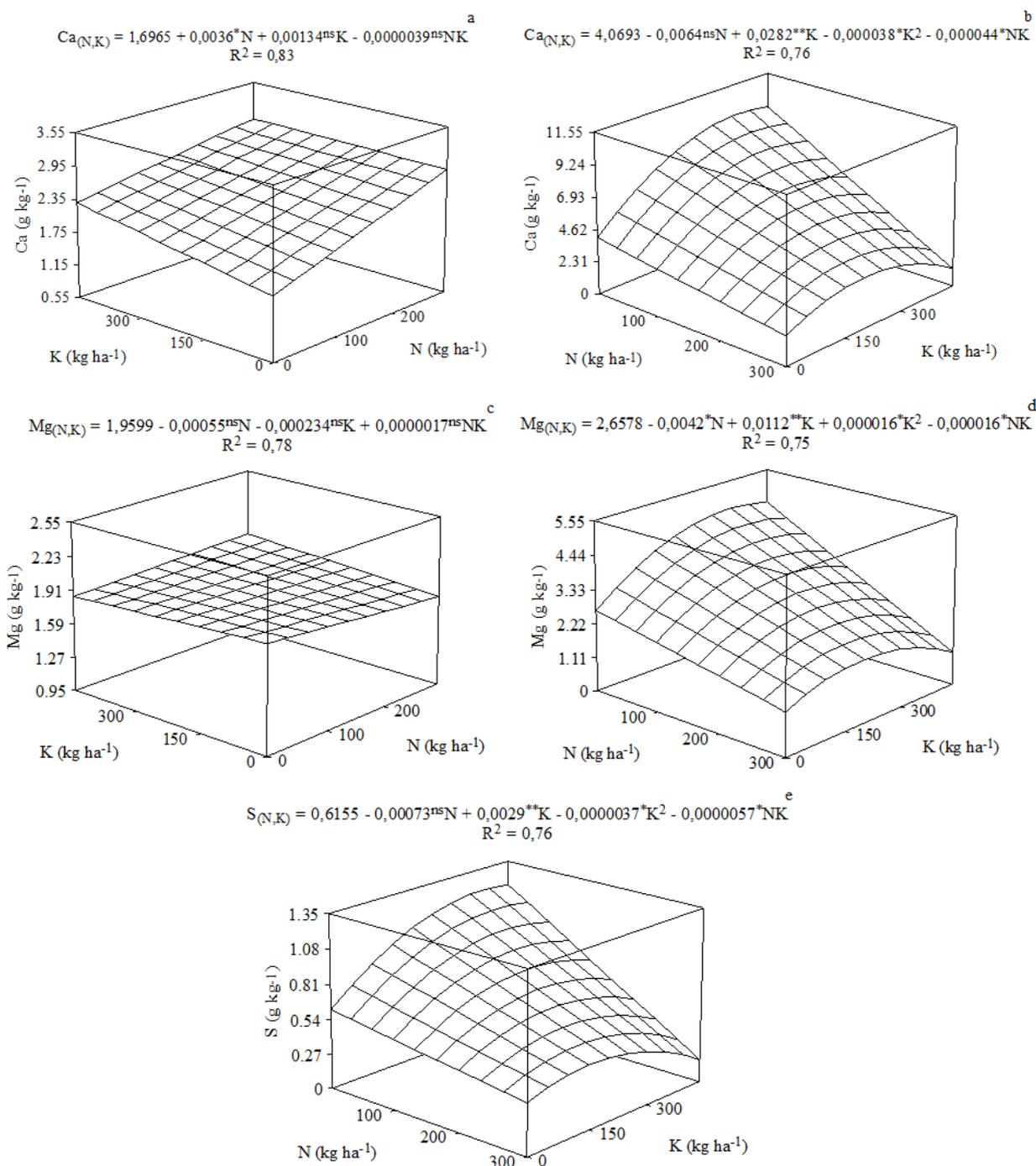


Figura 15. Concentração de Ca (a-b), Mg (c-d) e S (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Os maiores teores de Ca foram encontrados nos frutos colhidos no 3º ciclo, que, neste caso, corresponde a um aumento superior a 30% em relação aos frutos colhidos no 2º ciclo. Além disso, ocorreu uma relação negativa com o N fornecido. Resultado semelhante foi observado por Maia et al. (2003) ao estudarem o efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana 'prata anã', ao dano mecânico. É possível que esta redução possa estar associada às atividades fisiológicas da planta. Visto que Monselise e Goren

(1987) explicam que a redução na concentração de Ca nos frutos em função do N deve-se ao fato de o nitrogênio estimular o crescimento vegetativo, aumentando a demanda de Ca pelas regiões de crescimento (meristemas), reduzindo assim a disponibilidade de cálcio para o fruto.

Tal fato pode ser confirmado em virtude dos teores foliares deste nutriente se encontrar excessivo nos 2º e 3º ciclos da bananeira. O que reforça a hipótese de que esta situação pode resultar da disponibilidade natural de Ca no solo, proveniente das irrigações com a água do Rio Bodocongó favorecendo sua absorção. Visto que, Epstein e Bloom (2006) explicam que na planta, o Ca se move com a água, sendo sua translocação e seu teor nos tecidos sujeitos à taxa de transpiração. Para estes autores, uma vez depositado, este cátion não apresenta redistribuição para outras partes da planta, sendo acumulado principalmente em tecidos com transpiração mais intensa.

A redução na concentração do Ca, talvez, possa ser explicada, em parte, pela sua imobilidade na planta, podendo, portanto, o Ca contido nos frutos ter sido fornecido, exclusivamente e diretamente, por meio da absorção radicular.

Os teores de Mg nos frutos sofreram reduções de $0,016 \text{ g kg}^{-1}$ proporcional a cada 50 kg de N e K acrescidos às fertirrigações no 2º ciclo (Figura 15c), nesse período, o maior teor de $1,96 \text{ g kg}^{-1}$ foi encontrado nos frutos colhidos nas plantas que não receberam qualquer dosagem de N e K. Nos frutos colhidos em bananeiras que receberam $300 \text{ kg de K ha}^{-1}$ na ausência de N, no 3º ciclo (Figura 15d) o conteúdo de Mg foi cerca de 43,0% maior que o encontrado no 2º ciclo. Todavia, o teor de $4,60 \text{ g kg}^{-1}$ foi obtido ao se utilizar a dosagem de K relativa à máxima eficiência técnica ($349,34 \text{ kg ha}^{-1}$) sem o fornecimento de N.

De certa forma, é possível observar, a princípio, uma tendência de redução do teor de Mg nos frutos da bananeira, com o aumento das doses dos fertilizantes aplicados, uma propensão, que parece sugerir que este nutriente não possua alta mobilidade na bananeira, não obstante, às concentrações de Mg nas folhas tenham sido significativamente mais elevadas às dos frutos. De acordo com Soares et al. (2011) isso ocorre devido ao Mg ser um elemento que se acumula, preferencialmente, no pseudocaule, raízes e folhas da bananeira. Porém, corroborando Valarini et al. (2005), deve-se considerar que a remobilização das folhas não deva ser a única fonte do nutriente para os frutos. Haja vista, a disponibilidade natural de Mg no solo, proveniente das irrigações com a água do Rio Bodocongó, pode ter promovido o aumento da disponibilidade do nutriente na faixa de solo explorada pelo sistema radicular da bananeira, favorecendo sua absorção e translocação.

Apesar disso, deve-se considerar, ainda, que, maiores concentrações de Mg nos frutos ocorrem na ausência ou com pouco mais de 300 kg de K aplicado ao solo, tendo, posteriormente,

seus teores reduzidos em doses mais elevadas. Embora o Mg seja considerado um elemento de fácil translocação na planta como mencionam Soares et al. (2011); Carvalho et al. (2001) observaram, também, que os teores de Mg decresceram com o aumento da quantidade de K aplicado via água de irrigação. Sobre esse aspecto Primavesi e Malavolta (1980); Malavolta (1981) mencionam que há sempre uma tendência decrescente no teor desse elemento com a elevação da quantidade de K aplicado. De acordo com Prado et al. (2004) tal fato ocorre, provavelmente, devido à competição entre os cátions Mg e K. Steucek e Koontz (1970) estudando a redistribuição do Mg no feijoeiro, constataram que o Mg apresentou maior e menor mobilidade que o cálcio e potássio, no floema, respectivamente.

Houve influência da fertirrigação com N e K, sobre o teor de S nos frutos apenas no 3º ciclo da bananeira (Figura 15e), nesse período, o maior teor encontrado ($1,18 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido na dosagem correspondente à máxima eficiência técnica de K (388 kg ha^{-1}) e sem o fornecimento de N. Logo, similar ao teor de $1,17 \text{ g kg}^{-1}$, observado nos tratamentos que receberam, conjuntamente, a menor e maior dosagem de N e K, respectivamente.

É interessante observar que a ausência de diferença significativa para o teor de S nos frutos colhidos no 2º ciclo, pode ser devido a um melhor balanceamento do elemento na planta, fornecido, principalmente, pelas aplicações de N na forma de sulfato de amônio, o qual possui em sua composição 24% de S, visto que, seu conteúdo foliar foi cerca de 86,13% maior que o maior teor encontrado no 3º ciclo da bananeira. Neste contexto, é possível que parte do S absorvido pelas raízes tenha sido translocado para os frutos. Ou até mesmo para outros órgãos ou as outras plantas da família, como completam Damatto Junior et al. (2006).

Sobre esse aspecto, Epstein (1975) explica que o transporte de S das raízes para a parte aérea ocorre, principalmente na forma inorgânica de SO_4^- , através do xilema. E que depois de incorporado a compostos orgânicos esse elemento se torna pouco móvel no floema, sendo os aminoácidos que o contém muito estáveis; inferindo-se assim que, a redistribuição do S praticamente não ocorre nas plantas (MENGEL e KIRKBY, 1987). Motivo pelo qual, deve-se considerar que a remobilização das folhas não deva ser a única fonte dos nutrientes para os frutos, haja vista que, as plantas podem também absorver S da atmosfera pelas folhas e frutos na forma de SO_2 (MENGEL e KIRKBY, 1987); portanto, para esses autores, o S absorvido como SO_2 uma vez passado pelo estômato, é distribuído pela planta.

Os teores dos macronutrientes analisados nos frutos colhidos no 2º ciclo da bananeira 'Pacovan' obedeceram à seguinte ordem decrescente de concentração: $\text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$, de outro modo se verificou no 3º ciclo à seguinte ordem decrescente: $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S}$.

N, P e K foram os nutrientes mais translocados para os frutos, enquanto o Ca, por atuar na parte estrutural conforme mencionam Marschner (1995); Malavolta (2006), pode ter ficado grande parte retido nas folhas e no pseudocaule. Comparativamente, o Mg e S externaram valores intermediários. Na média das densidades de plantio, a ordem decrescente de exportação de macronutrientes pelos frutos se observou a seguinte tendência: $K > N > P > Mg > Ca = S$.

O K foi o macronutriente acumulado em maior quantidade pelos frutos em ambos os ciclos estudados da bananeira 'Pacovan'. De acordo com Aular e Natale (2013) o K tem influência na aparência, aroma, sabor e cor do fruto. Hoffmann et al. (2010) observaram, por ocasião da colheita, que entre 14 e 23 % do K acumulado em bananeiras foram exportados pelo cacho. Estes autores, mencionam, ainda, que, para cada tonelada de frutos produzida, as bananeiras exportaram de 4 a 5 kg de K, indicando necessidade da reposição desse nutriente ao solo, principalmente quando se trabalha em bananais de alta produtividade.

Marschner (1995) o maior conteúdo de K nos frutos, em relação aos demais nutrientes, pode estar associado ao papel que esse nutriente desempenha no transporte de sólidos solúveis, assim como na manutenção do elevado conteúdo de água nestes.

Em uma avaliação geral, as concentrações máximas dos macronutrientes nos frutos resultante do melhor equilíbrio nutricional da bananeira, ou seja, das respectivas doses que conferiram Índice DRIS nulo, do nutriente mais exigido pela cultura (19 kg de K ha⁻¹ e 15 kg de N ha⁻¹) foram, respectivamente, 7,5; 22,9; 1,8 e 1,9 g kg⁻¹ de N, K, Ca e Mg no 2º ciclo de produção da bananeira. E, respectivamente, 8,3; 1,57; 31,3; 4,5; 2,9 e 0,66 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S no 3º ciclo. Assim, a disposição dos macronutrientes nos frutos de banana 'Pacovan' obedeceu à ordem $K > N > Mg > Ca$ no 2º ciclo; e $K > N > Ca > Mg > P > S$ no 3º ciclo.

Vale ressaltar que o conteúdo de P, K, Ca e Mg nos frutos encontram-se muito aquém dos valores disponíveis na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) a qual contém valores mais elevados para a cultivar Pacovan (NEPA, 2011).

Em relação aos micronutrientes, a análise de variância dos dados (Tabelas 14) facilitou avistar que ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) das doses de N sobre os teores dos micronutrientes analisados nos frutos colhidos no 2º e 3º ciclo da bananeira. No entanto, com exceção ao Na no 2º ciclo e ao Zn no 3º, os teores dos demais micronutrientes nos frutos foram significativamente influenciados ($p < 0,01$) pelas doses de K em ambos os ciclos da bananeira. A interação N x K exerceu efeito significativo ($p < 0,01$) à totalidade dos elementos nos frutos analisados em ambos os ciclos estudados.

Tabela 14. Resumo da análise de variância para os teores de Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na, em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

2º ciclo		Quadrados Médios						
Fonte de Variação	GL	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Cl	Na
Nitrogênio	3	22,319**	3,613**	61,052**	180,527**	5,493**	4178028,727**	0,035**
Regressão Linear	1	11,695**	9,315**	133,028**	8,779**	9,517**	2813829,049**	0,001 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	30,147**	0,595**	12,731**	26,462**	6,728**	2458296,902**	0,002 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	25,116**	0,930**	37,399**	506,341**	0,232 ^{ns}	7261960,231**	0,100**
Potássio	3	26,400**	1,510**	8,171**	67,925**	8,208**	7291897,027**	0,004 ^{ns}
Regressão Linear	1	16,759**	2,341**	18,448**	161,474**	4,865**	3919804,921**	0,003 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	55,987**	1,897**	3,000**	0,367 ^{ns}	9,586**	10619844,527**	0,001 ^{ns}
Regressão Cúbica	1	6,455**	0,294*	3,065**	41,934**	10,173**	7336041,634**	0,006 ^{ns}
Nitrogênio x Potássio	9	6,193**	0,719**	25,617**	289,149**	5,955**	6209952,286**	0,025**
Bloco	2	0,274 ^{ns}	0,624 ^{ns}	1,051 ^{ns}	0,574 ^{ns}	0,048 ^{ns}	44643,464 ^{ns}	0,015 ^{ns}
Resíduo	30	0,441	0,052	0,173	0,509	0,456	8603,584	0,002
CV (%)		4,31	9,49	8,11	3,68	5,61	1,38	48,51

3º ciclo		Quadrados Médios						
Fonte de Variação	GL	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Cl	Na
Nitrogênio	3	1813,926**	7,713**	28,744**	10425,884**	132,858**	15511254,182**	7,493**
Regressão Linear	1	1421,992**	15,000**	33,615**	16228,748**	211,783**	482012,214**	3,876**
Regressão Quadrática	1	3928,606**	0,036 ^{ns}	52,042**	12275,524**	2,779*	39334923,000**	18,328**
Regressão Cúbica	1	91,180**	8,104**	0,576*	2773,381**	184,013**	6716827,333**	0,274*
Potássio	3	347,748**	0,695**	0,119 ^{ns}	2912,523**	34,265**	4043319,982**	1,437**
Regressão Linear	1	483,339**	0,064 ^{ns}	0,056 ^{ns}	6123,933**	15,868**	7005123,366**	0,065 ^{ns}
Regressão Quadrática	1	417,189**	1,872**	0,017 ^{ns}	675,676**	66,199**	5105943,480**	0,918**
Regressão Cúbica	1	142,712**	0,150 ^{ns}	0,286 ^{ns}	1937,959**	20,727**	18893,101 ^{ns}	3,328**
Nitrogênio x Potássio	9	295,676**	1,368**	4,923**	2896,243**	37,138**	10809328,145**	1,279**
Bloco	2	4,442 ^{ns}	1,651 ^{ns}	0,861 ^{ns}	4,995 ^{ns}	0,908 ^{ns}	12862,396 ^{ns}	0,444 ^{ns}
Resíduo	30	0,660	0,067	0,095	5,249	0,455	21386,408	0,059
CV (%)		2,87	10,58	10,07	6,4	3,73	1,96	34,49

** e * significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente; ns – não significativo

Para o teor de Fe nos frutos foi constatado efeito das doses de N e K, em que, no 2º ciclo, o maior conteúdo (17,89 mg kg⁻¹) foi encontrado com o emprego de 300 kg ha⁻¹ de N e K (Figura 16a). Por outro lado, nos frutos colhidos em bananeiras fertirrigadas com 300 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N, no 3º ciclo (Figura 16b), o teor de Fe foi mais elevado (40,30 mg kg⁻¹). Com a combinação das doses máximas de N e K, os teores de 17,07 e 40,33 mg kg⁻¹, foram, respectivamente, encontrados em frutos colhidos nas bananeiras fertirrigadas com as maiores doses de N e K no 2º ciclo e naquelas que receberam o equivalente a 312,59 kg de K ha⁻¹ na ausência do N no 3º ciclo.

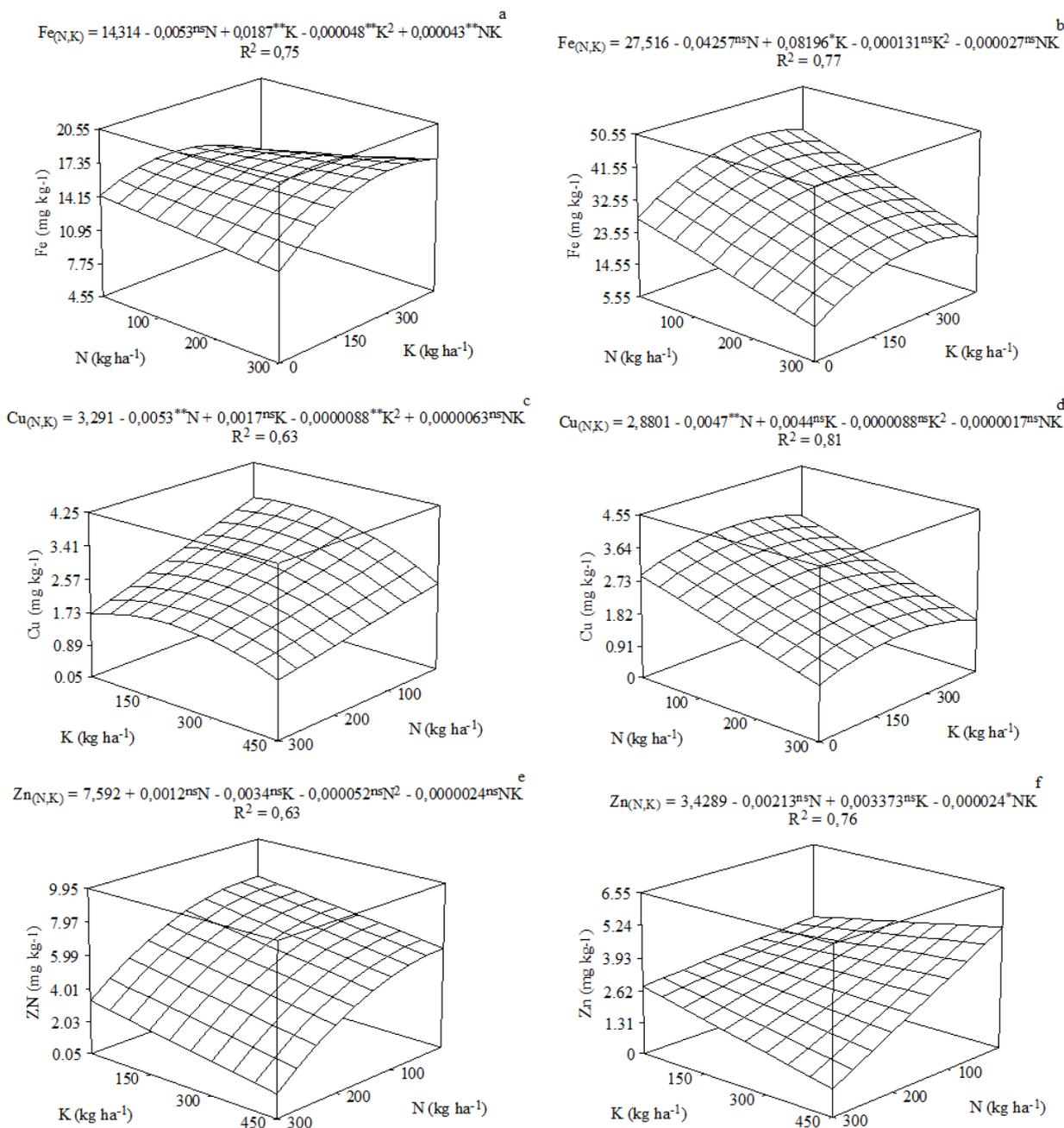


Figura 16. Concentração de Fe (a-b), Cu (c-d) e Zn (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

No que se refere aos frutos colhidos no 3º ciclo, o conteúdo de Fe encontrado foi cerca de 44,37% maior em relação ao 2º ciclo, possivelmente, em virtude da maior quantidade acumulada de Fe no 3º ciclo, em virtude da maior disponibilidade desse micronutriente no solo, proveniente dos restos culturais depositados ao solo por ocasião da colheita dos cachos nos ciclos anteriores, ocasionando, assim, um maior conteúdo desse elemento nos frutos colhidos no 3º ciclo da bananeira. Corroborando com Hoffmann et al. (2010) ao verificaram em seus estudos que após a colheita mais de 80% desse nutriente retorna ao solo após a decomposição do rizoma, do

pseudocaule e das folhas. Gallo et al. (1972) também verificaram que aproximadamente 88% do Fe acumulado na bananeira 'Nanicão', estava localizado na biomassa vegetal restituída ao solo após a colheita.

Salomão et al. (2004) ressaltam em seus estudos que o acúmulo de Fe inicialmente ocorre de forma lenta na inflorescência, havendo um acréscimo no período que antecede a colheita. Araújo (2008) verificaram que logo após a emissão da inflorescência a distribuição desse elemento foi sendo alterada, diminuindo sua representatividade no rizoma e pseudocaule, e aumentando na inflorescência. Apesar disso, Raij (1991) explicam que as respostas das plantas aos nutrientes são dependentes das formas como os elementos estão disponibilizados no solo, da capacidade de absorção, do estágio de crescimento e das condições edafoclimáticas do local.

Nos frutos, o conteúdo de Cu também foi influenciado pelas doses de N e K nos 2º e 3º ciclos da bananeira (Figuras 16c e 16d), assim, nas plantas que não receberam N, mas, sim, 150 e 300 kg de K ha⁻¹ o teor de Cu foi em sua totalidade 3,35 e 3,42 mg kg⁻¹, respectivamente. Sob outra perspectiva, com o fornecimento de 97,40 e 251,77 kg de K ha⁻¹ sem a aplicação de N, nos 2º e 3º ciclos, respectivamente, o teor de Cu nos frutos foi no máximo 3,37 e 3,44 mg kg⁻¹. Logo, são inferiores aos teores de Cu encontrados por Moreira et al. (2007), em frutos da bananeira 'Thap Maeo' cultivadas em três densidades de plantio.

Salienta-se que a mesma tendência de redução ocorrida com Fe se repetiu para o conteúdo de Cu, o qual se encontrou mais concentrado nos frutos colhidos no 3º ciclo, posto que, foi cerca de 98,19% maior que o teor mais elevado do micronutriente encontrado nos frutos colhidos no ciclo anterior. Devido à baixa mobilidade desse elemento na planta como menciona Passos (1980), há que se considerar a possibilidade de parte do Cu encontrado nos frutos ter sido proveniente da aplicação de produtos fitossanitários durante os estudos, visto que, esses produtos têm como princípio ativo Cu; e que, segundo Abreu et al. (2007) quando aplicados em quantidades adequadas, podem contribuir para a correção parcial ou total de possíveis deficiências nutricionais desse micronutriente. Neste contexto, esses autores recomendam melhor orientação para que os agricultores se familiarize com a composição química desses produtos fitossanitários.

Contudo, é conveniente que se realize uma melhor investigação da utilização de tais produtos, atentando, principalmente, para a frequência com que as pulverizações são realizadas pelos agricultores na região, orientando-os, para os períodos mais favoráveis de ocorrência e controle de epidemias.

As concentrações de Zn nos frutos, em vista das doses de N e K aplicadas às bananeiras foram mais elevadas quando se utilizou conjuntamente 300 kg ha⁻¹ de N e K, no 2º ciclo (Figura 16e), e nas bananeiras que não qualquer dosagem de N e K, no 3º ciclo (Figura 16f) nesses

períodos, o conteúdo de Zn nos frutos foram, respectivamente, 6,72 e 6,67 mg kg⁻¹. Contudo, o teor máximo de 6,63 mg kg⁻¹ foi verificado ao se utilizar 60,01 kg de K ha⁻¹ sem o fornecimento de N, no 2º ciclo da bananeira (Figura 16e).

Assim como verificado nas folhas da bananeira, o teor de Zn foi menos concentrado nos frutos colhidos no 3º ciclo da cultura, neste contexto, é possível que a maior ou menor teor desse micronutriente nos frutos possa estar relacionada com a sua demanda no metabolismo da planta. Como esclarecem Tomaz et al. (2006) ao reportarem em seus estudos que o acréscimo na translocação de Zn pode ter ocorrido pela maior concentração do nutriente na parte aérea das plantas. Marschner (1995) acrescenta, ainda, que a eficiência nutricional pode estar relacionada à fatores como demanda de nutrientes em nível celular, compartimentalização, utilização na parte aérea, transporte, afinidade do sistema de absorção, concentração e modificações na rizosfera.

Contudo, alguns estudos são ainda bem divergentes, quanto à translocação desse elemento nas plantas, como os de Santa Maria e Cogliatti (1988); Cakmak e Marschner (1990) ao considerarem que o Zn possui uma rápida mobilidade na planta. Já Longnecker et al. (1993) consideram o Zn pouco móvel na planta. Outros, a exemplo de Silva (1979) o têm como parcialmente móvel na planta. Clarkson e Hanson (1980) explicam que a mobilidade do Zn está associada à pequena capacidade de ligação a quelatos aniônicos. Silva (1979) esclarece que seu transporte se dá na forma de Zn⁺⁺ ligado ao citrato. Não sendo descartado, porém, um sistema de translocação mais complexo para este elemento, como argumenta Kochian (1991). Uma vez que, Fávaro (1992), não observou exportação do Zn, após 30 e 60 dias das pulverizações foliares desse elemento, do local de aplicação para outras partes da planta.

Quanto aos teores de Mn nos frutos ressalta-se que esse micronutriente foi mais concentrado (25,7 e 90,7 mg kg⁻¹), respectivamente, nos frutos colhidos nas bananeiras fertirrigadas com as maiores doses de N e K no 2º ciclo (Figura 17a) e naqueles, cujas, plantas receberam a menor e maior doses destes fertilizantes no 3º ciclo (Figura 17b).

O aumento no teor de Mn, verificado, nos frutos colhidos no 3º ciclo, pode ser resultado da maior translocação desse micronutriente na planta, uma vez que, nesse mesmo período, o teor de Mn foliar reduziu cerca de 76% em relação ao ciclo anterior. Fato que pode, também, se comprovado em virtude dos teores foliares se encontrarem deficientes, demonstrando a ocorrência de condições desfavoráveis à absorção de Mn do solo, possivelmente, devido à sua baixa disponibilidade nos sítios de absorção.

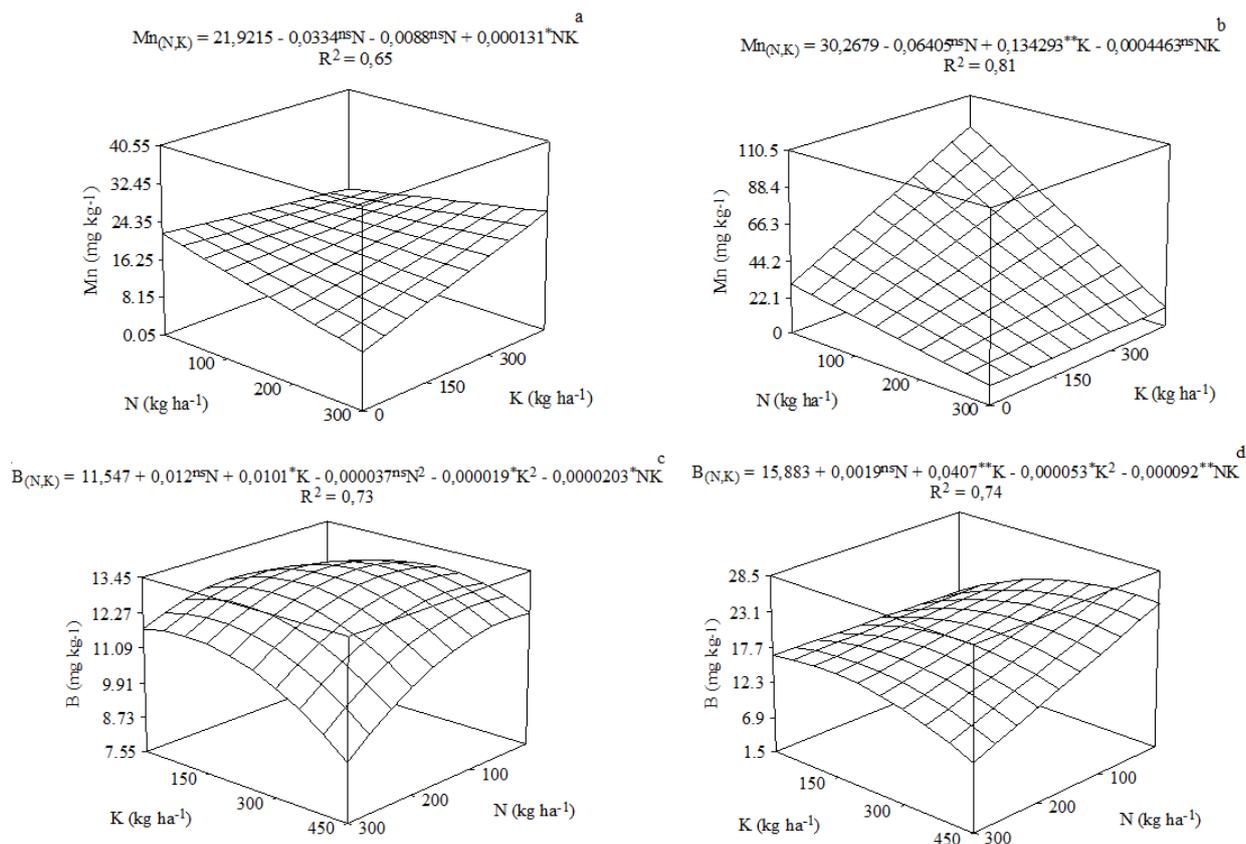


Figura 17. Concentração de Mn (a-b) e B (c-d) (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da bananeira ‘Pacovan’, sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

Por se tratar de um elemento pouco móvel (GODOY et al., 2013). É possível inferir, que a absorção desse micronutriente é um processo determinado, em maior grau, pela sua própria atividade - disponibilidade na zona de absorção (LEITE et al., 2003). Sendo, porém, necessário aplicá-lo a cada fluxo de vegetação nova (QUAGGIO et al., 2003). Uma vez que, o fornecimento deste, por meio de outros órgãos mais velhos da planta, não é suficiente (GODOY et al., 2013).

O conteúdo de B nos frutos foi significativa influenciado pelas doses de N e K nos 2º e 3º ciclos da bananeira (Figuras 17c e 17d, respectivamente), em que, nas plantas que receberam conjuntamente 100 kg de N ha⁻¹ e 150 kg de K ha⁻¹, no 2º ciclo e a menor e maior dosagem de N e K, no 3º ciclo, o conteúdo de B nos frutos foi em sua totalidade 13,12 e 23,62 mg kg⁻¹, respectivamente. De outro modo, nos frutos colhidos nas bananeiras fertirrigadas com 157,73 kg de N ha⁻¹ e 253,52 kg de K ha⁻¹ no 2º ciclo e naquelas que não receberam N, mas, sim, 389,83 kg de K ha⁻¹ no 3º, os teores de B foram no máximo 12,95 e 23,81 mg kg⁻¹.

Estes resultados demonstram a existência de translocação do B das partes vegetativas para o cacho da bananeira, ocorrida em maior grau nos frutos colhidos no 3º ciclo, justificando a redução de cerca de 3,17 mg kg⁻¹ do teor desse micronutriente nas folhas da bananeira, em relação ao ciclo anterior. É possível que o B acumulado nas folhas, tenha sido em parte, absorvido pelo

sistema radicular das bananeiras, em meio, ao seu conteúdo e disponibilidade no solo. Uma vez que, Yamada (2000) relatam que esse processo depende somente da sua concentração e disponível na solução do solo. Além disso, Epstein e Bloom (2006) explicam que os nutrientes contidos nas folhas, que são móveis no floema, podem ser remobilizados para pontos de crescimento e, ou, frutos, antes que as folhas caiam.

Para o teor de Cl nos frutos se verificou que, no 2º ciclo (Figuras 18a), o maior conteúdo (7949,65 mg kg⁻¹) foi encontrado com o emprego de 300 kg ha⁻¹ de N e K, nesse período, nas bananeiras que receberam 300 kg de N ha⁻¹ e 171,67 kg de K ha⁻¹ os teores de Cl foram no máximo 7284,39 mg kg⁻¹. Por outro lado, nos frutos produzidos sem o fornecimento de N e K, no 3º ciclo (Figuras 18b) o teor de Cl foi mais elevado (8586,95 mg kg⁻¹).

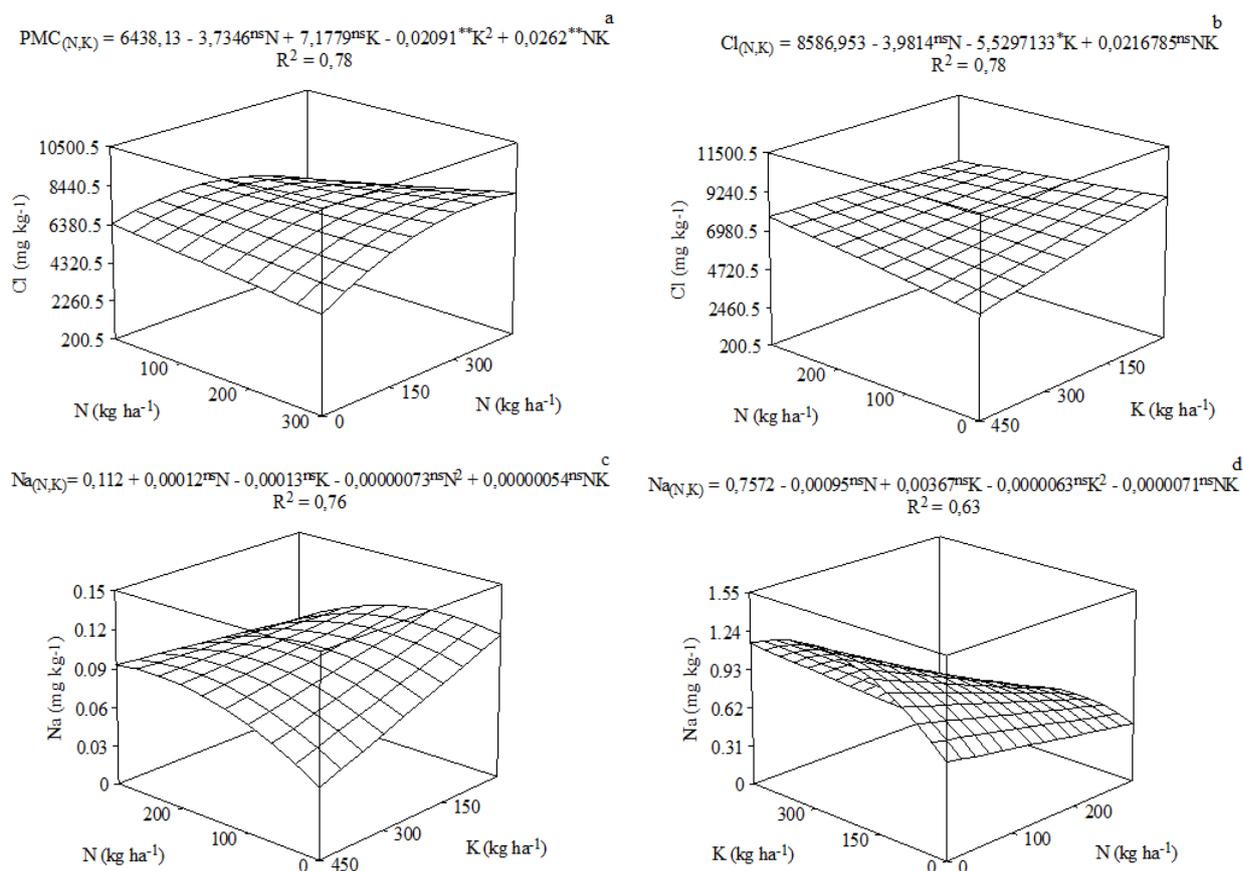


Figura 18. Concentração de Cl (a-b) e Na (c-d) (e) em frutos produzidos nos 2º e 3º ciclos da banana 'Pacovan', sob doses de nitrogênio e potássio via água de irrigação

A maior concentração de Cl observada no 3º ciclo pode ter ocorrido devido aos teores desse elemento adicionado ao solo pela água do Rio Bodocongó e pelas fertirrigações com cloreto de potássio, que possui cerca de 47% de Cl em sua composição, levando as bananeiras a absorver e a acumular elevadas quantidades deste elemento. Pois de acordo com Sousa et al. (2010) e (Ferreira et al., 2007) as plantas, geralmente absorvem Cl em níveis maiores do que os necessários ao seu

metabolismo. Visto que, este elemento não é retido ou adsorvido pelas partículas do solo, através do qual se desloca facilmente com a água, porém é absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula pela transpiração (ANTAS e MORAIS, 2011). Ou até mesmo para outros órgãos ou as outras plantas da família, como completam Damatto Junior et al. (2006). Assim, é possível que parte do Cl absorvido pelas raízes tenha sido translocados para os frutos.

O conteúdo de Na nos frutos também foi influenciado pelas doses de N e K nos 2º e 3º ciclos da bananeira, em que, nas plantas que receberam 100 kg de N ha⁻¹, mas, não o K no 2º ciclo (Figura 18c) e nas bananeiras que não receberam N, mas, sim, 300 kg de K ha⁻¹ no 3º ciclo (Figura 18d) o teor de Na foi em sua totalidade 0,12 e 1,30 mg kg⁻¹, respectivamente. Logo, iguais aos teores de Na encontrados nos frutos quando se utilizou 77,14 kg de N ha⁻¹ e 293,97 kg de K ha⁻¹, respectivamente, sem o fornecimento de K e N, nos 2º e 3º ciclos da bananeira.

A disposição dos teores dos nutrientes nos frutos de banana 'Pacovan' resultante das doses equivalentes a 15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹, que melhor expressam o equilíbrio nutricional da cultura, obedeceu à ordem Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na, em ambos os ciclos estudados. Cujos, teores foram, respectivamente, 6517,9; 21,3; 14,6; 11,9; 7,6; 3,3 e 0,12 mg kg⁻¹ no 2º ciclo. E 8428,4; 31,8; 28,4; 16,7; 3,5; 2,9 e 0,81 mg kg⁻¹ no 3º ciclo de produção da bananeira cultivada na Fazenda Ponta da Serra. Com exceção ao conteúdo de Na nos frutos, os demais micronutrientes analisados mantiveram-se acima dos valores preconizados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (NEPA, 2011).

Sabe-se, entretanto, que na avaliação qualitativa dos frutos pode é preciso considerar atributos físicos e químicos, tais quais: aparência visual, textura, sabor, aroma e valor nutricional. Este último, por sua vez, constitui uma das principais propriedades a ser considerada por estar relacionado à saúde do consumidor, haja vista, a presença de elementos químicos em excesso ou ainda de contaminantes, o que pode, até mesmo, representar risco de toxicidade, em casos extremos.

Para se consumir equilibradamente os nutrientes segundo a Ingestão Diária Recomendada (IDR), o conhecimento da composição de alimentos é fundamental para se atender às necessidades nutricionais dos indivíduos. Pois, segundo Hardisson et al. (2001) os minerais desempenham funções vitais para o desenvolvimento e boa saúde do corpo humano e as frutas são consideradas as principais fontes de minerais necessários à dieta. Oferecem ao consumidor qualidade constante e garantia de sanidade (CANTWELL, 1992).

Do ponto de vista nutricional, deve-se considerar, que durante a fase de floração e desenvolvimento dos frutos a bananeira remobiliza boa parte de seus nutrientes do tecido vegetativo para as partes produtivas da planta como destacam Busquet (2006) e Moreira et al.

(2007) ao estudarem a acumulação de nutrientes em bananeiras 'Prata Anã' e 'Thap Maeo', respectivamente.

Os efeitos significativos da interação N x K exprimiram que o maior conteúdo dos macronutrientes N, K, Ca e Mg foram, respectivamente, 0,76; 2,31; 0,18; 0,19 g kg⁻¹. Quanto aos micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na se observou no máximo 1,47; 0,33; 0,77; 2,14; 1,20; 656,37; 0,01 mg kg⁻¹, respectivamente, nas plantas que receberam 143,5 kg de N ha⁻¹ na ausência de N no 2º ciclo. Com o fornecimento de 450 kg de K ha⁻¹ sem a adição de N, no 3º ciclo, os teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos foram, em sua totalidade, 1,34; 0,25; 5,04; 0,72; 0,47 e 0,11 g kg⁻¹, respectivamente. Para os micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na os conteúdos máximos observados nas mesmas doses de K e N foram, respectivamente, 4,57; 0,47; 0,56; 5,12; 2,69; 1356,21 e 0,13 mg kg⁻¹.

Sob outra perspectiva, com o fornecimento das doses de N e K que conferiram equilíbrio nutricional à bananeira (15 e 19 kg ha⁻¹, respectivamente) o conteúdo nutricional encontrado nos frutos colhidos no 2º ciclo ficam assim definidos: 0,64; 1,96; 0,15 e 0,16 g kg⁻¹, para os respectivos macronutrientes N, K, Ca e Mg. E 1,25; 0,28; 0,65; 1,82; 1,02; 556,88 e 0,01 mg kg⁻¹, respectivamente, para os respectivos micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na. No 3º ciclo, a disposição dos nutrientes nos frutos resultante das doses equivalentes a 15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹, podem ser assim entendidos: 1,32; 0,25; 4,96; 0,71; 0,46 e 0,10 g kg⁻¹, respectivamente, entre os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S. Entre os micronutrientes Fe, Cu, Zn, Mn, B, Cl e Na, os teores encontrados ao se fornecer as doses e que melhor expressam o equilíbrio nutricional da bananeira foram, respectivamente, 4,50; 0,46; 0,56; 5,04; 2,65; 1336,69 e 0,13 mg kg⁻¹.

Ao se analisar as informações nutricionais obtidas neste estudo, é possível verificar com base nas recomendações nutricionais diárias definidas pela National Academy of Sciences, (NAS, 2002), que existe uma quantidade excessiva de K e Mn nos frutos colhidos no 3º ciclo, tendo em vista, que o consumo diário recomendado para adultos saudáveis é de 4,7 g de K e 2,3 mg de Mn.

Assim, de acordo com Institute of Medicine of the National Academies (IMNA, 2000) o K é um elemento importante que constitui cerca de 5% do conteúdo total de minerais no organismo. Em quantidades adequadas é essencial ao balanço e distribuição de água, equilíbrio osmótico, equilíbrio ácido-base e na regulação da atividade neuromuscular e crescimento celular. Em excesso, pode ocorrer hipercalemia definida por paralisia muscular, distúrbios cardíacos confusão mental e parestesia.

O Institute of Medicine of the National Academies (IMNA, 2004) informa que o Mn está associado à formação de tecido conjuntivo e ósseo, crescimento e reprodução e metabolismo e

carboidratos e lipídeos. Em excesso é acumulado principalmente no fígado e no sistema nervoso central, produzindo os sintomas do tipo Parkinson.

Mesmo nos tratamentos em que não se forneceu N e K, nos 2º e 3º ciclos de produção, o teor foliar de Ca se manteve elevado, conforme estabelece Borges e Caldas (2004) para a cultivar Pacovan. O que reforça a hipótese de que a disponibilidade natural desse nutriente na água do Rio Bodocongó, possivelmente supriu a demanda da bananeira, devida disponibilidade desse elemento no solo, por meio da adição via água de irrigação.

Destaca-se aqui que o conhecimento destes constituintes químicos do fruto, segundo Torres et al. (2000) são importantes para inúmeras atividades, dentre as quais se destacam o suprimento e o consumo alimentar, verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos, avaliar o estado nutricional, desenvolver pesquisas sobre as relações entre dieta e doença, em planejamento agropecuário, na indústria de alimentos, além de outras.

4. CONCLUSÕES

As doses resultantes do melhor equilíbrio nutricional da bananeira (15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹) proporcionaram cachos com 6,0 kg a menos, contendo frutos apenas 15,3 g mais leves, 2,5 cm menores e 0,5 cm menos espessos, que aqueles encontrados nas doses máxima de N e K definidas pelos modelos estatísticos.

Os teores de K e Mn encontrados nos frutos colhidos no 3º ciclo excederam os limites nutricionais máximos para consumo diário por adultos saudáveis definidas pela National Academy of Sciences, que é de 4,7 g para K e 2,3 mg para Mn e, portanto, podem apresentar restrições para consumo.

As concentrações máximas dos nutrientes nos frutos da bananeira 'Pacovan' resultante das doses de N e K que melhor expressam o equilíbrio nutricional da cultura (15 kg de N ha⁻¹ e 19 kg de K ha⁻¹) obedeceu à ordem K > N > Mg > Ca > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na no 2º ciclo; e K > N > Ca > Mg > P > S > Cl > Mn > Fe > B > Zn > Cu > Na no 3º ciclo.

5. REFERENCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS, Viçosa, 2007, 1017p.

AGUIAR, A. M. L. Avaliação do processo de concentração osmótica para obtenção de banana passa. 2006.104f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ARAÚJO, J. P. C. Crescimento e marcha de absorção de bananeira (*Musa sp.* AAA), “Grand Naine” no primeiro ciclo de produção. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, 2008. 80p. il.

AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. Revista brasileira de fruticultura, Vol. 35, n. 4, Jaboticabal, Dec. 2013.

ANTAS, F. P. S.; MORAIS, E. R. C. Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Rio Açú- RN. Holos, Ano 27, Vol 4, 2011.

BORGES, A. L.; CALDAS, R. C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. Pacovan, sob irrigação. Ciênc. agrotec. vol.28, n.5, pp. 1099-1106, 2004.

BORGES, A. L.; CORDEIRO, Z. J. M.; FRANCELLI, M.; SOUZA, L. S.; SILVA, S. O.; COELHO, E. F.; LIMA, M. B.; MEDINA, V. M.; RITZINGER, C. H. S. P.; FOLEGATTI, M. I. S.; SOUZA, A. S.; MESQUITA, A. L. M.; CARVALHO, J. E. B.; TRINDADE, A. V.; ALMEIDA, C. O.; MATOS, A. P.; MEISSNER FILHO, P. E.; FREIRE, F. C. O.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; MOSCA, J. L.; CARVALHO, A. C. P. P. Cultivo da banana para o Agropólo Jaguaribe-Apodí, Ceará. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Sistemas de Produção, 5).

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Z. J. M. Banana produção: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 47– 59 (Série Frutas do Brasil, 1).

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. S. Solos, nutrição e adubação da bananeira. In: ALVES, E.J., Cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2.ed. rev. Brasília: Embrapa-SPI/ Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1999, p.197-254.

BUSQUET, R. N. B. Análise de crescimento, fenologia e acumulação de nutrientes de quatro genótipos de bananeira no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 101p. Tese Doutorado.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Decrease in nitrate uptake and increase in proton release in zinc-deficient cotton, sunflower and buckwheat plants. Plant and Soil, 129:261-268, 1990.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed). **Postharvest technology of horticultural crops**. Davis: University of California, 1992, p.277-281.

CARVALHO, A. J. C.; MARTINS, D. P.; MONNERAT, P. H.; SILVA, J. A. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.2, p.403-408, 2001.

- CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca in natura e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. *e-xacta*, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 107-114, 2014.
- CAVALCANTE, A. T.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Interdependência na absorção e redistribuição de fósforo entre planta mãe e filha de bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 255-259, 2005.
- CHENG, L.; DONG, S. E.; FUCHIGAMI, L. H. 2002. Urea uptake and nitrogen mobilization by apples leaves in relation to tree nitrogen status in autumn. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77: 13-18.
- CLARKSON, D. T.; HANSON, J. B. The mineral nutrition of higher plants. *Plant Physiology*, 31:239-293,1980.
- COELHO, E. F.; BORGES, A. L., SANTANA, J. A. V.; SANTANA JÚNIOR, E. B.; CALDAS, R. C. Crescimento e produtividade da bananeira da terra sob diferentes níveis de irrigação e de potássio. *Embrapa Mandioca e Fruticultura*, Cruz das Almas – BA, 2006.
- COSTA, S. C. Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da chapada do Apodi-CE. Viçosa-MG, 2009. 132f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal De Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- DAMATTO JUNIOR, E. R.; BOAS, R. L. V.; LEONEL, S.; FERNANDES, D. M. Avaliação nutricional em folhas de bananeira 'Prata-anã' adubadas com composto orgânico. *Revista brasileira de fruticultura*. vol.28, n.1, pp. 109-112, 2006.
- DAMATTO JUNIOR, E. R.; BÔAS, R. L. V.; LEONEL, S.; NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J. Crescimento e produção de bananeira prata-anã adubada com composto orgânico durante cinco safras. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 713-721, Outubro 2011.
- DONATO, S. L. R.; SILVA, S. O.; LUCCA FILHO, O. A.; LIMA, M. B.; DOMINGUES, H.; ALVES, J. S. Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.), em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, SP, v. 28, n. 1, p. 139-144, Abril 2006.
- EPSTEIN, E. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. São Paulo: EDUSP, 1975. 34 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2ª ed. Londrina: Planta, 2006. 392p.
- FÁVARO, J. R. A. Crescimento e produção de *C. arábica* L. em resposta a nutrição foliar de zinco na presença de cloreto de potássio. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1992. 91p. Tese Mestrado.
- FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, p.7-16, 2007.
- FONTES, P. S. F.; CARAVALHO, A. J. C.; CEREJA, B. S.; MARINHO, C. S.; MONNERAT, P. H. Avaliação do estado nutricional e do desenvolvimento da bananeira 'Prata-anã' (*Musa* spp.) em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.156-159, 2003.
- GALLO, J. R.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; HIROCE, R.; FURLANI, A. M. C.; RAMOS, M. T. B.; MOREIRA, R. S. Composição química inorgânica da bananeira (*Musa acuminata* Simmonds). *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.24, n.1, p.70-79, 1972.

- GODOY, L. J. G.; BÔAS, R. L. V.; YANAGIWARA, R. S.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Concentração foliar de manganês e zinco em laranjeiras adubadas com óxidos e carbonatos via foliar. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 44, n. 3, p. 437-444, jul-set, 2013.
- GUAK, S.; CHENG, L. E.; FUCHIGAMI, L. H. 2001. Foliar urea pretreatment tempers inefficient N recovery resulting from copper chelate (cuEDTA) defoliation of apple nursery plants. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 76: 35-39.
- HARDISSON, A. et al. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 2001, vol. 73, p. 153-161.
- HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SOUZA, A. P.; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. *Revista Brasileira de Fruticultura*. vol.32 no.1 Jaboticabal Mar. 2010 Epub Feb 26, 2010.
- IMNA, Institute of Medicine, National Academies. *Dietary Reference Intakes: Recommended Intakes for Individuals Elements*, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies, 2004.
- JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSURA, F. C. A.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos diferentes genótipos de banana. *Bragantia*, 63 (3): 315-323, 2004.
- JOHNSON, C. M.; ULRICH, A. *Analytical methods for use in plants analyses*. Los Angeles, University of California, 1959. v.766. p.32-33.
- KOCHIAN, L. V. Mechanisms of micronutrients uptake and translocation in plants. In: MICHELSON S. H. *Micronutrients in agriculture*. 2 Ed. Madison, Soil Science Society of America, 1991. p.229-296.
- LAHAV, E.; TURNER, D. *Banana nutricion*. Bern: Switzerland Potash Institute, 1983. 62p. (IPI-ulletin).
- LEDO, A. S.; SILVA JUNIOR, J. F.; LEDO, C. A. S.; SILVA, S. O. Avaliação de genótipos de bananeira na região do baixo São Francisco, Sergipe. *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol.30, n.3, pp. 691-695, set. 2008.
- LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.19, n.2, p. 115-125, May/Aug. 2003.
- LONGNECKER, N. E.; ROBSON, A. Distribution and transport of zinc in plants. In: ROBSON, A.D., *Zinc in soils and plants*. Boston, 1993. p.79-90.
- MACÊDO, L. de S.; SANTOS, E. S. dos; SANTOS, E. C. dos. Produção da bananeira fertirrigada no semiárido Em função de nitrogênio e volume de água. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, João Pessoa, v.1., n.2, p.9-18, dez. 2007.
- MAIA, V. M.; SALOMÃO, L. C. C.; CANTARUTTI, R. B.; VENEGAS, V. H. A. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana 'prata anã', ao dano mecânico. *Revista Ceres*, vol. 50, n. 292 p. 753-765, 2003.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição de plantas*. Sao Paulo: Agronomica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola - adubos e adubações*. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional da plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889 p.

- MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P.; FOLEGATTI, M. I. S. (2004) Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 26 (1):48-52.
- MELO, A. S.; SILVA JUNIOR, C. D.; FERNANDES, P. D.; SOBRA, L. F.; BRITO, E. B.; DANTAS, D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.3, p.733-741, 2009.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. *Principles of plants nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MONSELISE, S. P.; GOREN, R. Preharvest growing conditions and postharvest behavior of subtropical and temperate-zone fruits. *Hort Science*, 22:] 185-9, 1987.
- MOREIRA, A.; HEINRICHS, R.; PEREIRA, J. C. R. Densidade de plantio na produtividade e nos teores de nutrientes nas folhas e frutos da bananeira cv. Thap Maeo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 626-631, Dezembro 2007.
- NAS, National Academy of Sciences. *Dietary Reference intake, for energy carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids*. Washington (DC): National Academic Press; 2002.
- NEPA. (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO). Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO. Versão II. 2.ed. Campinas: UNICAMP, 2006. 113p. Acesso em: 23 out. 2009. Online. Disponível em: <www.unicamp.br/nepa/taco/tabela.php?ativo=tabela>
- PASSOS, S. M. G. *Algodão*. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1980. 138p.
- PEREIRA, F. H. F.; PUIATTI, M.; FONTES, P. C. R.; AQUINO, L. A. Produção de biomassa e rizomas e incidência de "Metsubure" em taro submetido a doses de potássio com e sem adição de cálcio. *Hortic. Bras.* vol.24 no.1 Brasília Jan./Mar. 2006.
- PRADO, R. M.; BRAGHIROLLP, L. L.; NATALE, W.; CORRÊA, M. C. M.; ALMEIDA, E. V. Aplicação de potássio no Estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal, v.26, n.2, p.295-299, 2004.
- PRIMAVESI, A. C. P. A.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do maracujá amarelo. VI. Efeitos dos macronutrientes no desenvolvimento e composição mineral das plantas. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.37, n.2, p.609-630, 1980.
- QUAGGIO, J. A.; JUNIOR, D. M.; CANTARELLA, H.; JUNIOR, A. T. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:627-634, 2003.
- RAIJ, B. V. *Avaliação da Fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, 142p. 1991.
- RAMOS, D. P.; LEONEL, S. Crescimento, produção e qualidade de frutos da bananeira 'Figo Cinza', em Botucatu-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 31, n.3, p. 749-754, setembro. 2009.
- RAMOS, D. P.; LEONEL, S.; MISCHAN, M. M. Caracterização físico-química dos frutos de genótipos de bananeira produzidos em Botucatu-SP. *Ciência e Agrotecnologia*, vol.33 nospe Lavras 2009.
- ROBINSON, J.C.; GALÁN SAÚCO, V. *Bananas and plantains*. 2nd ed. Oxford: CAB International, 2010. 311p. (Crop production science in horticulture, 19).

- RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; MENEGUCCI, J. L. P. Influência do ensacamento do cacho na produção de frutos da bananeira 'Prata-anã' irrigada, na região norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.23, n.3, p.559-562, 2001.
- RODRIGUES, M. G. V.; SOUTO, R. F.; SILVA, S. de O. Avaliação de genótipos de bananeira sob irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 444-448, dez. 2006.
- SALOMÃO, L. C. C.; PUSCHMANN, R.; SIQUEIRA, D. L.; NOLASCO, C. A. Acúmulo e distribuição de nutrientes em banana 'Mysore' em desenvolvimento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 290-294, 2004.
- SANTA MARIA, G. E.; COGLIATTI, D. H. Bidirectional Zn-fluxes and compartmentation in wheat seedling roots. *Journal of Plant Physiology*, 132:312-325, 1988.
- SILVA, J. B. S. Influência de doses de ZnSO₄ aplicados via foliar sobre a produção de cafeeiro (*Coffea arábica*). Piracicaba. ESALQ. 1979. 62p. Tese Mestrado.
- SILVA, J. T. A.; BORGES, A. L.; CARVALHO, J. G.; DAMASCENO, J. E. A. Adubação com potássio e nitrogênio em três ciclos de produção da bananeira cv. Prata-Anã. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 01, p. 152-155, 2003.
- SILVA, J. T. A.; RODRIGUES, M. G. V. Produção da bananeira 'Prata Anã' em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. *Pesq. agropec. bras.* vol.48 no.6 Brasília June 2013.
- SOARES, F. A. L.; ALVES, A. N.; GHEYI, H. R.; UYEDA, C. A. Acúmulo de matéria seca e distribuição de nutrientes em duas cultivares de bananeiras irrigadas com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 6, núm. 2, abril-junio, pp. 321-330, 2011.
- SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, F. H. T.; FERNANDES, P. D.; FRANCISCO, A. N. A.; SILVA, F. V. Acúmulo, exportação e restituição de nutrientes pelas bananeiras "Prata Anã" e "Grand Naine, *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2054-2058, 2008.
- SOUSA, V. F.; VELOSO, M. E. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, V. A. B.; ALBURQUERQUE JÚNIOR, B. S. Nitrogênio e potássio via água de irrigação nas características de produção da bananeira Grand Naine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.9, p.865-869, 2004.
- SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; SILVA, G. L.; CLEY FREITAS, A. S.; CAVALCANTE, L. F.; SOUSA, C. H. C. Acumulação de biomassa, teores e extração de micronutrientes em plantas de milho irrigadas com águas salinas. *Agropecuária Técnica* – v. 31, n. 2, p 1–10, 2010.
- SOUZA, M. E.; LEONEL, S.; MARTINS, R. L.; SEGTOEWICK, E. C. S. Caracterização físico-química e avaliação sensorial dos frutos de bananeira. *Nativa*, Sinop, v. 01, n. 01, p. 13-17, out./dez. 2013.
- STEUCEK, G.L.; KOOTZ, V. H. Phloem mobility of magnesium. *Plant Physiol.* Lancaster, 46:50-2, 1970.
- TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SAKIYAMA, N. S.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 30:377-384, 2006.
- TORRES, E.A.F.S; CAMPOS, N.C.; DUARTE, M. et al. Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, maio/ago. 2000, vol. 20, n. 2, p. 145-150.
- VALARINI, V.; BATAGLIA, O.C.; FAZUOLI, L.C. Macronutrientes em folhas e frutos de cultivares de café arábica de porte baixo. *Bragantia*, Campinas, v.64, p.61-67, 2005.

VILLAS BÔAS, R. L.; ANTUNES, C. L.; BOARETTO, A. E.; DUENHAS, L. H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil . In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. P. C. do.; RESENDE, R. S. Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças. Guaíba Agropecuária, Cap. II, p. 71-104, 2001.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. Nutrição mineral de plantas. Vicososa, MG: Universidade Federal de Vicososa, 2006. p. 398-325.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? [S.l.]: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2000. 5 p. (Informações Agronômicas, 90).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com a pesquisa, permite inferir que a utilização da água do Rio Bodocongó na irrigação da bananeira cv. Pacovan pode, em seu contexto, trazer benefícios consideráveis à sua exploração, haja vista, seu potencial fertilizante, definido pela presença de quantidades consideráveis de nutrientes essenciais à cultura como N, P, K, Ca e Mg em sua composição. Que, no âmbito desta pesquisa permitiu reduzir as quantidades dos fertilizantes nitrogenados e potássicos fornecidos via fertirrigação, e ainda assim, a obtenção de produtividades superior à média nacional, o que pode refletir em maior economia de fertilizantes ao processo produtivo da cultura.

Nestas condições, a adição de N e K à água de irrigação pode ser adotada como uma alternativa viável para o desenvolvimento de estratégias de produção com vista a um aproveitamento correto e oportuno dos nutrientes essenciais, no entanto, este fato, por si só, não deve ser considerado única e exclusivamente como fator decisivo para se incrementar a produção desta cultura, nas condições edafoclimáticas de Queimadas, visto que, independente da época de amostragem, os teores de Na, CO₃, HCO₃ e Cl contidos na água do Rio Bodocongó estiveram acima dos limites tolerados pela bananeira.

Recomenda-se, então, sempre que possível, realizar o monitoramento qualitativo da água do Rio Bodocongó, considerando, dentre outros aspectos, suas características físicas e químicas, esta prática deve ser considerada fator contundente para uma tomada de decisões, visando o correto aproveitamento e manejo dos nutrientes essenciais contidos na água do Rio Bodocongó, no entanto, a decisão final deve ser definida em meio ao discernimento de gênero econômico e/ou produtivo incluindo a melhor relação custo benefício para o produtor e a complementação das adubações com fertilizantes químicos, conforme necessidade da cultura.