

# CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SOLOS DA REGIÃO DE JANAÚBA, MG, IRRIGADOS COM ÁGUA DE POÇOS TUBULARES E DO RIO GORUTUBA<sup>(1)</sup>

Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes<sup>(2)</sup>, João Carlos Ker<sup>(3)</sup>,  
Júlio César Lima Neves<sup>(3)</sup>, Hugo Alberto Ruiz<sup>(3)</sup>, Raphael Moreira  
Beirigo<sup>(4)</sup> & André Luís Piovan Boncompani<sup>(4)</sup>

## RESUMO

Na região de Janaúba, norte de Minas Gerais, não obstante as altas produtividades alcançadas pela bananicultura da região no contexto de uma agricultura altamente tecnificada, com uso intenso de fertilizantes e controle sistemático de doenças e pragas, são comuns os relatos de produtores expressando preocupação com a queda de produtividade, particularmente quando se irriga com água de poços tubulares. Em razão disso, estudou-se o efeito de águas de irrigação provenientes de poços e do rio Gorumtuba sobre propriedades químicas de solos sob bananais, onde foram coletadas amostras até 100 cm de profundidade em áreas adjacentes de sequeiro e irrigadas. Observou-se que o uso de águas de poços, de qualidade marginal, causou elevação do pH e dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  dos solos, elevando as relações  $\text{Ca/Mg}$  e  $\text{Ca/K}$ , que se distanciaram da faixa ideal para a cultura da banana. Nos solos irrigados com água de poços houve aumento dos teores de P extraído com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , resultante da precipitação do P com o Ca veiculado com a água. Os valores de pH do extrato de saturação do solo foram mais elevados que aqueles registrados na análise de rotina, e a concentração de sais solúveis na solução do solo ocorreu em camadas intermediárias do perfil devido à lixiviação, com destaque para a camada de 30-40 cm dos solos irrigados com água de poços.

**Termos de indexação:** qualidade da água, salinidade, irrigação da bananeira.

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada no Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Trabalho financiado pela FAPEMIG. Recebido para publicação em março de 2006 e aprovado em setembro de 2007.

<sup>(2)</sup> Pesquisador A da Embrapa Agropecuária Oeste. Caixa Postal 661, CEP 79804-970 Dourados (MS). E-mail: walder@cpao.embrapa.br

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. PH Rolfs s/n, CEP 36571-000 Viçosa (MG). E-mails: jcker@ufv.br; julio\_n2003@yahoo.com.br; hruiz@ufv.br

<sup>(4)</sup> Estudante de Graduação do Departamento de Solos, UFV. Bolsista de iniciação científica. E-mails: rbeirigo@esalq.usp.br; boncompani2@hotmail.com

**SUMMARY:** *CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IRRIGATED WITH DEEP-WELL OR GORUTUBA RIVER WATER IN JANAUBA REGION, MINAS GERAIS, BRAZIL*

*In the region of Janaúba, northern Minas Gerais State, Brazil, banana yields are high due to the highly technical agriculture of the region, with intensive use of fertilizers and systematic plant disease and pest control. However, farmers frequently report a decline in banana yields, particularly when water from deep wells is used for irrigation. We therefore studied the effect of irrigation water from wells and from the Gorutuba River on soil chemical characteristics of areas with banana cultivation. Soil samples were collected to a depth of 100 cm in adjacent areas with and without irrigation. It was observed that the irrigation water from deep wells is of low quality and resulted in increased pH, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>+</sup> levels in the soil. This resulted in high Ca/Mg and Ca/K ratios, which are far above from the optimal range for banana plants. For soils irrigated with water from wells there was an increase of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – extractable P as a result of P precipitation with Ca dissolved in water. The pH values of soil saturation extract were higher than the ones obtained during routine analysis. The concentration of soluble salts in soil solution observed within the soil profile at intermediate depths was due to leaching, especially in the 30–40 cm layer of soils irrigated with water deep wells.*

*Index terms: banana irrigation; salinity; water quality.*

## INTRODUÇÃO

Situada em área do “Polígono das Secas” brasileiro, a região norte de Minas Gerais tem experimentado notável expansão da agricultura irrigada nos últimos 20 anos, sobretudo nos Perímetros Irrigados do Jaíba e Gorutuba, nos municípios de Jaíba, Janaúba e Nova Porteirinha. A fruticultura tem sido o carro-chefe das atividades agrícolas, em que o cultivo da bananeira prata-anã irrigada por microaspersão tem se destacado. A topografia favorável à mecanização e a qualidade dos solos (normalmente eutróficos quando desenvolvidos a partir de rochas calcárias do Grupo Bambuí) e da água (quando proveniente dos rios São Francisco e Gorutuba) podem ser apontados como os principais responsáveis pelo sucesso da bananicultura na região.

A forte pressão pelo uso consuntivo de água do rio Gorutuba nos perímetros irrigados e por agricultores isolados levou à escassez de águas superficiais, aumentando o uso de águas de poços que exploram o Aquífero Cárstico do Bambuí, o que mantém a atual expansão da área irrigada da região. No entanto, Nunes (2003) e Nunes et al. (2005) mostraram que, quando comparadas às águas do rio Gorutuba, as águas extraídas de poços tubulares da região de Janaúba e Nova Porteirinha apresentaram maiores valores médios de condutividade elétrica e razão de adsorção de Na, assim como maiores teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub>, Mn<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>, sendo consideradas de médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade, além de estarem próximas do limiar de restrição de uso devido aos teores elevados de bicarbonato em solução, de acordo com University of California (1974). As águas do rio foram classificadas

como de baixo risco de salinidade e risco severo de sodicidade, segundo os critérios apresentados por Pizarro (1985) e Ayers & Westcot (1999).

Não obstante as altas produtividades alcançadas pela bananicultura da região (acima de 30 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) no contexto de uma agricultura altamente tecnificada, com uso intenso de fertilizantes e controle sistemático de doenças e pragas, são comuns os relatos de produtores expressando preocupação com a queda de produtividade, particularmente quando se irriga com água de poços tubulares. Nesses casos, não são raros os exemplos de abandono de bananais após quatro anos de implantação, sem explicação aparente.

Há, na região, grande variedade de solos, em razão de sua localização sobre rochas bastante diferentes quanto à composição química e mineralógica. São encontrados Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Vertissolos, Neossolos Flúvicos, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos (Resende et al., 1970; EPAMIG, 1976; Oliveira et al., 1998).

Trabalhos desenvolvidos pela EPAMIG (1976) alertaram para o risco de alcalinização, com teores elevados de Ca<sup>2+</sup> e virtual ausência de Na<sup>+</sup> em solos do Projeto Jaíba, em condições pedológicas, climáticas e ecológicas semelhantes às do Vale do Gorutuba.

Em diversos trabalhos tem sido relatado o aumento da lixiviação de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em solos submetidos à calagem e, ou, gessagem, como efeito do deslocamento desses cátions pelo Ca<sup>2+</sup> (Brauner & Garcez, 1982; Quaggio et al., 1982). O enriquecimento em Ca<sup>2+</sup> e a lixiviação de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> causam desequilíbrio nas relações Ca/Mg e Ca/K no solo e na planta, com efeitos danosos ao crescimento de plantas sensíveis, como a bananeira (Silva et al., 1999).

Um outro efeito dos sais nos solos é sobre o pH. Os íons carbonato e bicarbonato são responsáveis pelo aumento do pH dos solos, o que é significativamente agravado na presença de Na, podendo atingir valores próximos de 12. No entanto, nem todos os solos sódicos mostram pH elevado. Quando os íons  $\text{Na}^+$  da solução do solo se apresentam como sais neutros (cloretos ou sulfatos), o pH fica próximo à neutralidade. As reações fortemente alcalinas dos solos sódicos acontecem quando o íon acompanhante for o bicarbonato ou o carbonato (Fassbender & Bornemisza, 1994).

Solos derivados de calcário são caracterizados por altas concentrações de  $\text{CaCO}_3$  precipitado e  $\text{HCO}_3^-$  em solução, pH elevado e ausência de  $\text{Al}^{3+}$  trocável (Misra & Tyler, 1999). A elevação do pH tem também efeito sobre outros elementos, principalmente os micronutrientes, como Mo, Fe, Mn, Cu, Zn e B, conforme mostraram Dynia & Barbosa Filho (1993) e Tagliavini & Rombolá (2001).

Nesses pedoambientes calcários, com pH elevado e altas concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável e carbonatos, é muito provável a ocorrência de precipitação de P na forma de  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  e, ou, sua adsorção ao  $\text{CaCO}_3$  (Cole et al., 1953; Solis & Torrent, 1989; Wang & Tzou, 1995; Novais & Smyth, 1999). O fracionamento das formas de P nesses solos mostra o predomínio do P extraído com extratores ácidos, conforme mostraram Williams et al. (1971). Nessas situações, o uso de extratores ácidos, como o Mehlich-1, tende a superestimar os teores de P-disponível para as plantas, mostrando-se inadequados (Silva & Raij, 1996).

Este trabalho objetivou avaliar o efeito de águas de irrigação provenientes de poços tubulares, utilizadas por produtores isolados, ou do rio Gorutuba, utilizadas nos Perímetros Irrigados Lagoa Grande e Gorutuba, sobre algumas propriedades químicas de solos utilizados com a cultura da bananeira prata-anã nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha, norte de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do rio Gorutuba está compreendida aproximadamente entre os paralelos  $14^\circ 50'$  e  $16^\circ 10'$  de latitude sul e os meridianos  $43^\circ 05'$  e  $43^\circ 40'$  de longitude oeste. As áreas estudadas abrangem parte dos Perímetros de Irrigação de Gorutuba (área irrigável de 4.818 ha) e da Lagoa Grande (área irrigável de 1.660 ha), no norte de Minas Gerais, além de outras de irrigantes independentes, nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha. As áreas fazem parte da bacia hidrográfica do rio Gorutuba, afluente do rio Verde Grande, que por sua vez deságua no rio São Francisco.

Para avaliar o efeito da irrigação nas características químicas dos solos, foram selecionadas 24 propriedades de bananicultores, sendo 10 usuários de água de poços tubulares e 14 usuários de água do rio

Gorutuba, estes últimos dos Perímetros de Irrigação do Gorutuba e Lagoa Grande. As águas utilizadas para irrigação foram caracterizadas por Nunes et al. (2005) (Quadro 1).

Em cada propriedade foram selecionados locais onde o solo se encontrava sob regime de sequeiro (coberto com a vegetação natural ou com pastagem) e áreas adjacentes com solos cultivados com bananeira prata-anã, com idade variando entre 4 e 6 anos, irrigados por microaspersão com aplicação diária de lâmina que variava de 5 a 8 mm.

As coletas de solos foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2001, no período de estiagem. Nas propriedades estudadas foram abertas quatro trincheiras: duas dentro do bananal ao longo da linha irrigada, a 100 cm dos microaspersores, e duas em área adjacente sob sequeiro, onde foram coletadas amostras nas camadas de 0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–30, 30–40, 40–60 e 60–100 cm de profundidade. As amostras oriundas de duas trincheiras formaram amostras compostas, diferenciadas em função da profundidade e do regime irrigado ou de sequeiro. No laboratório, as amostras dos solos foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de malha de 2 mm, visando obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Nas análises do extrato de saturação do solo foram utilizadas amostras de solo das camadas de 0–5, 15–20, 30–40 e 60–100 cm de profundidade e, nas análises de P, as camadas de 0–5 e 15–20 cm de profundidade.

As análises do solo incluíram a determinação do pH em água e em KCl  $1 \text{ mol L}^{-1}$  na suspensão solo-solução 1:2,5, assim como o Ca e o Mg trocáveis (dosados por meio de EAA); o K e o Na trocáveis (dosados por fotometria de emissão de chama); o Al trocável (dosado por titulação com  $\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ); e a acidez extraível (H + Al - determinada por titulação com  $\text{NaOH } 0,0606 \text{ mol L}^{-1}$ ) (Embrapa, 1997).

O P foi extraído tanto por Mehlich-1 quanto por resina de troca aniônica, sendo determinado por colorimetria após formação do complexo fosfomolibdico reduzido na presença de ácido ascórbico. Adicionalmente, efetuou-se o fracionamento do P inorgânico, quando uma amostra de 0,5 g de solo foi submetida a extrações sucessivas com 25 mL de  $\text{NH}_4\text{Cl } 1 \text{ mol L}^{-1}$  (P fracamente fixado), 25 mL de  $\text{NH}_4\text{F } 0,5 \text{ mol L}^{-1}$  a pH 8,5 (P ligado a Al), 25 mL de  $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$  (P ligado a Fe) e 25 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4 1 \text{ mol L}^{-1}$  (P ligado a Ca), sendo então determinados por colorimetria, segundo método de Chang & Jackson (1957), modificado por Braga (1980).

Para determinação dos sais solúveis, fez-se a preparação de extrato de saturação nos materiais obtidos nas quatro profundidades, com posterior medição de pH, condutividade elétrica e determinação analítica de cátions e ânions no extrato aquoso (Embrapa, 1997).

As comparações do efeito de cada fonte de água sobre as características químicas dos solos foram feitas

**Quadro 1. Fonte de água de irrigação, pH, condutividade elétrica (CE), íons dissolvidos, teor médio de argila na camada de 0-100 cm e classificação dos solos das áreas estudadas**

Solo	Fonte de água	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Argila	Classificação do solo
1	Poço	7,02	1,51	13,09	2,03	2,72	0,11	0,06	7,32	3,16	67,45	Latossolo Vermelho
2	Poço	6,91	2,02	21,52	2,40	2,64	0,12	0,09	7,66	6,03	23,28	Argissolo Vermelho
3	Poço	7,27	1,30	12,44	1,37	1,44	0,07	0,13	7,85	2,95	29,65	Latossolo Vermelho
4	Poço	7,31	1,27	12,37	1,41	1,39	0,07	0,14	7,89	2,97	51,80	Latossolo Vermelho
5	Poço	7,14	0,77	8,32	0,69	0,89	0,06	0,05	6,58	3,64	36,23	Cambissolo Háplico
6	Poço	7,26	1,24	11,10	1,22	0,79	0,11	0,06	6,44	7,58	41,68	Latossolo Vermelho
7	Poço	7,19	0,99	3,79	2,78	2,47	0,14	0,04	9,53	1,80	7,83	Argissolo Vermelho
8	Poço	7,63	0,74	3,44	1,02	2,81	0,10	0,03	7,84	1,41	43,65	Cambissolo Háplico
9	Poço	6,92	1,22	9,02	1,28	1,01	0,07	0,06	7,29	4,63	32,05	Latossolo Amarelo
10	Poço	6,89	0,91	8,31	0,79	1,23	0,18	0,14	8,26	2,04	20,60	Cambissolo Háplico
	Média	7,15	1,20	10,34	1,50	1,74	0,10	0,08	7,67	3,62	35,42	
	CV (%)	3,22	31,87	50,16	45,96	47,26	37,22	52,70	11,41	53,90	47,75	
11	Rio-LG	7,77	0,07	0,51	0,28	0,28	0,13	0,09	1,48	0,99	37,83	Cambissolo Háplico
12	Rio-LG	7,71	0,09	0,53	0,30	0,29	0,16	0,10	1,50	1,01	53,35	Latossolo Vermelho
13	Rio-LG	7,65	0,08	0,52	0,29	0,31	0,15	0,10	1,50	0,98	49,58	Cambissolo Háplico
14	Rio-LG	7,67	0,10	0,51	0,30	0,30	0,19	0,10	1,47	0,98	40,40	Latossolo Vermelho
15	Rio-LG	7,72	0,07	0,47	0,28	0,32	0,13	0,10	1,50	1,04	46,88	Cambissolo Háplico
16	Rio-LG	7,61	0,14	0,61	0,32	0,41	0,16	0,11	1,51	1,42	28,75	Latossolo Amarelo
17	Rio-LG	7,74	0,13	0,59	0,31	0,38	0,14	0,11	1,52	1,37	33,60	Latossolo Amarelo
	Média	7,70	0,10	0,53	0,30	0,33	0,15	0,10	1,50	1,11	41,48	
	CV (%)	0,72	28,94	9,16	5,03	14,95	14,66	6,80	1,14	17,47	21,43	
18	Rio-GU	7,76	0,09	0,37	0,20	0,22	0,10	0,01	1,10	0,62	7,08	Neossolo Flúvico
19	Rio-GU	7,94	0,08	0,33	0,18	0,18	0,09	0,00	1,01	0,59	10,58	Neossolo Flúvico
20	Rio-GU	7,82	0,10	0,49	0,20	0,21	0,08	0,07	1,42	2,04	32,80	Latossolo Vermelho
21	Rio-GU	8,03	0,10	0,49	0,21	0,22	0,10	0,13	1,33	2,18	40,03	Latossolo Vermelho
22	Rio-GU	7,78	0,09	0,43	0,19	0,18	0,10	0,12	0,73	2,01	27,63	Latossolo Amarelo
23	Rio-GU	8,05	0,10	0,51	0,21	0,19	0,08	0,06	1,08	1,19	37,23	Cambissolo Háplico
24	Rio-GU	7,97	0,11	0,63	0,24	0,19	0,10	0,01	0,99	1,20	30,68	Neossolo Flúvico
	Média	7,91	0,10	0,46	0,20	0,20	0,09	0,06	1,09	1,40	26,57	
	CV (%)	1,51	10,20	21,35	9,31	8,93	9,74	93,54	20,86	48,11	48,27	

<sup>(1)</sup> Rio-LG: água proveniente do rio Gorutuba, no perímetro irrigado Lagoa Grande; e Rio-GU: água proveniente do rio Gorutuba, no perímetro irrigado do Gorutuba.

pelo teste t a 5 %, para dados (amostras) pareados em cada camada amostrada contra suas respectivas testemunhas sob sequeiro. As repetições foram as amostras compostas dos diferentes produtores de cada grupo, sendo 10 usuários de água de poços (n = 10) e 14 usuários de água do rio Gorutuba (n = 14). Os testes de correlações entre as diversas características analisadas foram realizados a 5 %.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação, para cada característica estudada, entre as médias de cada grupo de solos irrigados com

os dados das áreas de sequeiro correspondentes mostra que a irrigação com água de poços e as práticas culturais associadas aumentaram os valores médios do pH em água e em KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, soma de bases (Quadro 2), PST e Zn (Quadro 3) dos solos. Esse panorama persiste mesmo com o manejo de irrigação que aplica lâminas superdimensionadas e com elevada frequência de aplicação, tipicamente utilizado na região estudada.

Em razão da mobilidade relativamente reduzida do Ca no solo, esses efeitos são mais evidentes nas camadas mais superficiais (Quadro 2). Corroborando essa tendência, Nunes (2003) observou, durante as atividades de coleta, a precipitação de carbonatos de

Ca e Mg na superfície dos solos, nos restos culturais e nas partes vegetativas dos bananais irrigados com água de poços na região de Janaúba, apresentando abundante efervescência com HCl 10 %.

Entre os diferentes solos, aqueles de textura mais arenosa tendem a apresentar maior elevação no pH e nos teores das características supracitadas, devido à menor capacidade-tampão desses solos (Nunes, 2003; Nunes et al., 2005).

O Mg<sup>2+</sup> não apresentou diferença significativa entre as médias dos teores dos solos irrigados e as dos solos sob sequeiro (Quadro 2), apesar dos elevados teores desse cátion constatados na água de irrigação proveniente de poços. Provavelmente, as perdas de Mg<sup>2+</sup> causadas por lixiviação seriam equivalentes ao aporte via água de irrigação.

Para o K<sup>+</sup>, houve diminuição dos teores até 20 cm de profundidade quando se utilizou água de poços, provavelmente como resultado da lixiviação desse elemento (Quadro 2), e devido às baixas concentrações de K<sup>+</sup> na água e ao seu deslocamento do complexo sortivo dos solos provocado pelo Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> em concentrações muito mais elevadas na água (Brauner & Garcez, 1982; Quaggio et al., 1982).

Quando foi usada água proveniente do rio Gorutuba, somente o Zn (até 20 cm de profundidade)

e a PST na camada de 0–5 cm de profundidade apresentaram diferenças significativas entre as médias de sequeiro e irrigadas, mostrando aumento em relação à testemunha sob regime de sequeiro (Quadro 3). Como é típico de elementos pouco móveis no solo, o aumento dos teores de Zn acontece apenas nas primeiras camadas (até 20 cm de profundidade) e parece estar relacionado à adubação, visto ocorrer de forma idêntica entre os usuários dos dois tipos de água estudados, havendo cinco produtores em cujas terras essa elevação não ocorre (Nunes, 2003).

A relação Ca/Mg aumentou em todas as camadas de solos estudadas quando se utilizou água de poços (Quadro 4), em razão do grande aporte de Ca<sup>2+</sup> pela água de irrigação. Esse aumento ocasionou grande afastamento da faixa ótima requerida pela cultura da banana para essa relação, que deve se situar entre 1,5:1 e 3:1, segundo Silva et al. (1999). Ressalte-se que essa relação já estava acima da faixa ótima mesmo nos solos sob sequeiro.

A relação Ca/K dos solos foi, em geral, elevada (Quadro 4). A lixiviação do K<sup>+</sup> verificada nos solos irrigados com água de poços ocasionou relações Ca/K ainda maiores, ultrapassando os valores preconizados para a cultura da banana por Delvaux (1995), citado por Silva et al. (1999), que se situa na faixa de 1:6 a 1:7. Esse desequilíbrio também foi verificado nas

**Quadro 2. Valores médios, por camada estudada, de pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e soma de bases, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação**

Prof.	pH H <sub>2</sub> O		pH KCl		K <sup>+</sup>		Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Soma de bases	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
cm	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>													
Irrigação com água de poços tubulares														
0–5	6,20 b <sup>(1)</sup>	7,28 a	5,53 b	6,72 a	0,69 a	0,28 b	0,05 b	0,27 a	6,05 b	10,22 a	1,58 a	1,58 a	8,36 b	12,36 a
5–10	6,15 b	7,32 a	5,31 b	6,70 a	0,55 a	0,20 b	0,04 b	0,27 a	5,50 b	9,29 a	1,30 a	1,31 a	7,39 b	11,07 a
10–15	6,19 b	7,22 a	5,18 b	6,60 a	0,34 a	0,14 b	0,04 b	0,30 a	5,14 b	8,49 a	1,16 a	1,13 a	6,68 a	10,05 a
15–20	6,11 b	7,11 a	5,19 b	6,48 a	0,24 a	0,12 b	0,04 b	0,31 a	5,16 a	8,06 a	1,09 a	1,05 a	6,53 a	9,53 a
20–30	6,06 b	6,98 a	5,12 b	6,22 a	0,19 a	0,10 a	0,04 b	0,31 a	5,01 a	7,30 a	1,04 a	0,98 a	6,28 a	8,69 a
30–40	6,05 b	6,84 a	5,11 b	6,11 a	0,14 a	0,09 a	0,03 b	0,30 a	5,01 a	6,88 a	1,00 a	0,92 a	6,18 a	8,18 a
40–60	6,01 a	6,71 a	5,04 b	5,93 a	0,11 a	0,07 a	0,04 b	0,27 a	4,96 a	6,48 a	1,01 a	0,86 a	6,11 a	7,67 a
60–100	5,80 b	6,61 a	4,93 a	5,62 a	0,09 a	0,07 a	0,03 b	0,32 a	5,40 a	6,57 a	1,00 a	0,89 a	6,53 a	7,84 a
Irrigação com água do rio Gorutuba														
0–5	6,28 a	6,38 a	5,91 a	6,10 a	0,92 a	0,92 a	0,06 a	0,14 a	6,79 a	7,26 a	1,99 a	2,49 a	9,76 a	10,82 a
5–10	6,24 a	6,24 a	5,60 a	5,50 a	0,52 a	0,73 a	0,08 a	0,14 a	6,75 a	6,68 a	1,75 a	2,06 a	9,10 a	9,62 a
10–15	6,16 a	6,15 a	5,46 a	5,35 a	0,41 a	0,45 a	0,08 a	0,16 a	6,60 a	6,54 a	1,60 a	1,75 a	8,69 a	8,91 a
15–20	6,15 a	6,15 a	5,40 a	5,21 a	0,34 a	0,30 a	0,10 a	0,18 a	6,55 a	6,43 a	1,54 a	1,68 a	8,53 a	8,60 a
20–30	6,05 a	6,04 a	5,34 a	5,13 a	0,30 a	0,20 a	0,13 a	0,21 a	6,21 a	6,32 a	1,47 a	1,43 a	8,11 a	8,17 a
30–40	6,07 a	6,04 a	5,28 a	5,02 a	0,24 a	0,16 a	0,20 a	0,24 a	6,12 a	6,28 a	1,36 a	1,39 a	7,91 a	8,07 a
40–60	6,06 a	6,05 a	5,30 a	4,97 a	0,18 a	0,13 a	0,30 a	0,23 a	6,12 a	5,90 a	1,42 a	1,45 a	8,02 a	7,70 a
60–100	6,02 a	6,01 a	5,18 a	5,08 a	0,12 a	0,11 a	0,31 a	0,24 a	5,67 a	5,75 a	1,69 a	1,59 a	7,80 a	7,68 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

**Quadro 3. Valores médios, por camada estudada, de alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H + Al), CTC a pH 7, percentagem de sódio trocável (PST) e teores de Zn, Fe e Mn extraíveis, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação**

Prof.	Al <sup>3+</sup>		H + Al		CTC pH 7		PST		Zn		Fe		Mn	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
cm	cmol <sub>e</sub> kg <sup>-1</sup>													
	%													
	mg kg <sup>-1</sup>													
Irrigação com água de poços tubulares														
0-5	0,00 a <sup>(1)</sup>	0,00 a	2,86 a	0,14 b	11,22 a	12,50 a	0,48 b	2,04 a	3,31 b	28,28 a	11,03 a	10,26 a	128,68 a	129,85 a
5-10	0,14 a	0,00 a	3,14 a	0,37 b	10,53 a	11,44 a	0,41 b	2,29 a	1,58 b	10,95 a	11,99 a	8,53 a	98,11 a	97,54 a
10-15	0,20 a	0,00 a	3,29 a	0,45 b	9,97 a	10,50 a	0,46 b	2,85 a	1,01 b	2,78 a	11,86 a	9,78 a	83,68 a	83,60 a
15-20	0,30 a	0,00 a	2,87 a	0,54 b	9,40 a	10,06 a	0,46 b	3,03 a	0,74 a	1,03 a	11,64 a	8,60 a	72,55 a	68,17 a
20-30	0,38 a	0,00 a	2,88 a	0,89 b	9,16 a	9,58 a	0,44 b	3,18 a	0,50 a	0,52 a	11,14 a	10,25 a	53,53 a	55,96 a
30-40	0,41 a	0,22 a	2,60 a	1,02 a	8,78 a	9,20 a	0,37 b	3,27 a	0,35 a	0,21 a	11,96 a	13,30 a	39,88 a	40,08 a
40-60	0,40 a	0,25 a	2,35 a	1,14 a	8,47 a	8,82 a	0,42 b	3,16 a	0,23 a	0,10 a	11,85 a	14,35 a	26,51 a	27,59 a
60-100	0,54 a	0,14 a	2,36 a	1,08 a	8,89 a	8,92 a	0,35 b	4,27 a	0,14 a	0,08 a	13,46 a	15,60 a	17,56 a	16,88 a
Irrigação com água do rio Gorutuba														
0-5	0,00 a	0,02 a	2,35 a	1,97 a	12,11 a	12,80 a	0,50 b	1,08 a	4,58 b	26,58 a	54,64 a	39,59 a	108,62 a	152,38 a
5-10	0,02 a	0,08 a	2,53 a	2,72 a	11,63 a	12,33 a	0,67 a	1,13 a	3,02 b	10,41 a	52,56 a	49,30 a	86,83 a	127,20 a
10-15	0,03 a	0,09 a	2,63 a	2,85 a	11,32 a	11,76 a	0,70 a	1,33 a	2,22 b	6,98 a	57,74 a	43,42 a	72,34 a	98,12 a
15-20	0,07 a	0,09 a	2,47 a	2,82 a	11,00 a	11,42 a	0,80 a	1,53 a	1,65 b	3,89 a	40,59 a	46,16 a	58,25 a	87,59 a
20-30	0,09 a	0,09 a	2,58 a	2,73 a	10,69 a	10,91 a	0,92 a	1,86 a	1,45 a	2,13 a	36,79 a	35,51 a	54,45 a	67,71 a
30-40	0,14 a	0,10 a	2,45 a	2,51 a	10,35 a	10,58 a	1,52 a	2,18 a	1,15 a	1,20 a	48,19 a	36,46 a	53,32 a	50,22 a
40-60	0,21 a	0,16 a	2,23 a	2,34 a	10,25 a	10,04 a	2,29 a	2,11 a	0,87 a	0,65 a	51,04 a	38,31 a	36,39 a	28,18 a
60-100	0,15 a	0,13 a	2,17 a	2,11 a	9,97 a	9,79 a	2,44 a	2,28 a	0,68 a	0,67 a	46,53 a	39,46 a	19,60 a	16,21 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

**Quadro 4. Valores médios das relações Ca/Mg e Ca/K, por camada estudada, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação**

Profundidade	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>		Ca <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup>	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR
cm	cmol <sub>e</sub> kg <sup>-1</sup> / cmol <sub>e</sub> kg <sup>-1</sup>			
Irrigação com água de poços tubulares				
0-5	3,8 b <sup>(1)</sup>	6,5 a	8,8 b	36,5 a
5-10	4,2 b	7,1 a	10,0 b	46,5 a
10-15	4,4 b	7,5 a	15,1 b	60,6 a
15-20	4,7 b	7,7 a	21,5 b	67,2 a
20-30	4,8 b	7,4 a	26,4 b	73,0 a
30-40	5,0 b	7,5 a	35,8 b	76,4 a
40-60	4,9 b	7,5 a	45,1 b	92,6 a
60-100	5,4 b	7,4 a	60,0 b	93,9 a
Irrigação com água do rio Gorutuba				
0-5	3,4 a	2,9 b	7,4 a	7,9 a
5-10	3,9 a	3,2 b	13,0 a	9,2 b
10-15	4,1 a	3,7 a	16,1 a	14,5 a
15-20	4,3 a	3,8 a	19,3 a	21,4 a
20-30	4,2 a	4,4 a	20,7 b	31,6 a
30-40	4,5 a	4,5 a	25,5 b	39,3 a
40-60	4,3 a	4,1 a	34,0 b	45,4 a
60-100	3,4 a	3,6 a	47,3 a	52,3 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

camadas subsuperficiais dos solos irrigados com água do rio Gorutuba, embora em menor intensidade.

As correlações entre os teores de cátions em água e seus teores no solo são baixas e, ou, não-significativas, com coeficiente r de 0,45\*, 0,29<sup>ns</sup>, 0,27<sup>ns</sup> e -0,36<sup>ns</sup> para Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, respectivamente. No entanto, correlações que envolvem os teores em água e as participações percentuais desses cátions no complexo de troca assumem coeficientes de correlação mais elevados, com r de 0,56\*, 0,31\*, 0,66\* e -0,14<sup>ns</sup> para os mesmos cátions, indicando que o equilíbrio final no complexo sortivo pode ser influenciado pela CTC, pelo *status* inicial desses cátions no solo e pelas relações de preferencialidade na cinética de adsorção/dessorção entre os cátions, o que está em conformidade com Ji & Li (1997).

Observou-se correlação entre a concentração de bicarbonato na água de irrigação e o pH do solo na camada de 0-5 cm de profundidade, com r de 0,71\*. A elevação do pH chega a alcançar camadas subsuperficiais, pois, embora o carbonato de Ca seja um composto pouco móvel no solo, seus produtos de dissolução ganham mobilidade quando em solução aquosa de pH alcalino, visto que o bicarbonato é menos retido pelos colóides e forma par iônico (Ferreira & Martinez, 1997; Misra & Tyler, 1999).

Em relação ao P, observou-se sua concentração em superfície nos solos sob sequeiro, ainda que sejam valores de pequena expressão (Quadro 5). A camada de 0-5 cm de profundidade, independentemente do

regime (sequeiro ou irrigação), exibe tendência a ligeiro predomínio do P-NaOH (P ligado a Fe) sobre o P-NH<sub>4</sub>F (P ligado a Al). Fato semelhante também se verifica na camada de 15–20 cm dos solos sob sequeiro, com maior amplitude de variação. No entanto, nesta profundidade, a situação se inverte nos solos irrigados, onde se realizara adubação fosfatada recente, verificando-se grande crescimento da fração P-NH<sub>4</sub>F em relação ao P-NaOH.

Em ambos os sistemas irrigados, registra-se elevação dos teores de P da camada de 0–5 cm em relação às testemunhas sob sequeiro, seja nas formas extraídas por Mehlich-1, assim como no fracionamento, refletindo o efeito da adubação fosfatada (Quadro 5). Nos solos irrigados com água do rio Gorutuba houve aumento significativo dos teores de P ligado a Ca (P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), resultante da precipitação do P com o Ca já existente no solo. Em conformidade com Williams et al. (1971), naqueles solos irrigados com água de poços tubulares foram registrados aumentos ainda maiores no P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, em razão do grande aporte de Ca veiculado por meio da água de irrigação.

O P extraído por Mehlich-1, extrator utilizado em análises de rotina nos laboratórios da região, apresenta valores semelhantes de coeficiente de correlação com a fração P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e com a soma dos teores de P obtidos no fracionamento (0,67\* e 0,61\*, respectivamente), como reflexo da grande eficiência desse extrator em recuperar o P ligado a Ca e a carbonatos. No entanto, o P Mehlich-1 não é um bom indicador da real disponibilidade de P nessa situação, visto que o P ligado a Ca não pode ser prontamente utilizado pelas plantas, com exceção daquelas que promovem acidificação em sua rizosfera (Novais & Smyth, 1999), o que não acontece com a cultura da bananeira.

Os teores de P-resina praticamente inalterados nos solos que recebem água de poços, quando comparados com suas testemunhas sob sequeiro (Quadro 5), evidenciam que esse extrator seria mais adequado que o Mehlich-1, ao refletir de forma mais realista a disponibilidade efetiva de P para o bananal, em função da não-extração das formas de P ligadas a Ca, predominantes nos solos irrigados com água de poços que recebem adubações fosfatadas.

No grupo de agricultores que irrigam com água de poços, a camada de 15–20 cm de profundidade apresenta tendência de aumento nos teores de P Mehlich-1 e P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Quadro 5). Embora se admita que o P seja pouco móvel no solo, a elevada umidade e o fluxo descendente de água promovem aumento da difusão e da percolação de P, causando alguma movimentação desse elemento para as primeiras camadas subsuperficiais. É possível, ainda, que eventuais fendilhamentos no perfil do solo possibilitem o transporte de P para camadas mais profundas. Entre os irrigantes com água de rio, apesar de aumentos expressivos no P Mehlich-1, P-NH<sub>4</sub>F, P-NaOH e na soma das frações nos tratamentos irrigados, a grande variabilidade entre os solos eleva a variância a ponto de não se conseguir significância estatística no teste t quando se compara com a situação de sequeiro (Quadro 5).

Nota-se que os valores de pH medidos no extrato de saturação do solo (Quadro 6) são mais elevados que aqueles registrados na análise de rotina (Quadro 2), principalmente nas camadas de 0–5 e 15–20 cm, provavelmente como efeito do maior tempo de contato entre o solo e a água. Esse fato permite que o carbonato de Ca acumulado no solo reaja mais intensamente, o que também foi constatado por Inskeep & Bloom

**Quadro 5. Valores médios de P resina, P Mehlich-1 e de frações de P inorgânico obtidas no fracionamento em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos banais agrupados em função da origem da água de irrigação**

		Fração de fósforo inorgânico													
Prof.	P resina		P Mehlich-1		P-NH <sub>4</sub> Cl (P-H <sub>2</sub> O)		P-NH <sub>4</sub> F (P-Al)		P-NaOH (P-Fe)		P-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (P-Ca)		P inorg. total		
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	
cm	mg kg <sup>-1</sup>														
Irrigação com água de poços tubulares															
0–5	2,38 a <sup>(1)</sup>	2,74 a	3,20 b	25,13 a	1,20 b	4,20 a	15,80 b	32,38 a	20,77 b	41,56 a	2,11 b	50,59 a	39,88 b	128,74 a	
15–20	1,64 a	1,55 a	1,82 b	5,05 a	1,02 a	1,21 a	6,99 a	7,30 a	13,70 a	18,33 a	1,22 a	4,35 a	22,93 b	31,20 a	
Irrigação com água do rio Gorutuba															
0–5	4,43 a	8,55 a	5,51 b	18,55 a	2,23 a	8,76 a	18,06 b	46,95 a	17,75 b	49,48 a	7,38 b	21,51 a	45,42 b	126,69 a	
15–20	2,64 a	4,69 a	2,19 a	10,48 a	1,49 a	1,08 a	5,88 a	67,10 a	13,32 a	25,54 a	3,34 a	4,25 a	24,03 a	97,96 a	

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

(1986), Pissaloux et al. (1995) e Misra & Tyler (1999). É provável que em solos irrigados as características observadas no extrato de saturação do solo reflitam de forma mais fidedigna o que se observa em campo, pois o solo permanece com a umidade próxima à capacidade de campo.

Houve elevação do pH nos solos irrigados com águas de poços, em relação aos solos sob sequeiro, nas observações efetuadas nas camadas de 0–5 e 15–20 cm de profundidade, o que não aconteceu nos solos que recebem água do rio (Quadro 6).

Percebe-se, também, elevação do pH do extrato de saturação dos solos irrigados com água de poços em relação àqueles que recebem água do rio Gorutuba. Na camada de 0–5 cm dos solos do primeiro grupo, o pH médio do extrato de saturação foi de 8,23, enquanto o pH médio no extrato de saturação dos solos do segundo grupo foi de 7,47. Essa mesma tendência continuou a existir até a camada de 15–20 cm (Quadro 6).

A condutividade elétrica dos extratos obtidos dos solos irrigados com água de rio não diferiu em relação às suas contrapartes sob sequeiro, em nenhuma das camadas estudadas. Nos solos que receberam água de poços só se observou diferença estatística nas camadas mais profundas, começando em 15–20 cm. Neste caso, observou-se um máximo de condutividade elétrica na camada de 30–40 cm de profundidade, já mostrando redução em 60–100 cm, enquanto em todas as outras características estudadas há redução progressiva dessa propriedade com o aumento da profundidade (Quadro 6). A comparação do

comportamento da condutividade elétrica entre os solos que recebem água de diferentes fontes também mostra diferenças significativas somente nas camadas mais inferiores do perfil.

É interessante notar que, embora no complexo sortivo haja concentração de cátions e ânions nas camadas superficiais, na solução do solo a concentração de sais solúveis ocorre em camadas intermediárias do perfil, provavelmente em razão da lixiviação, com destaque para a camada de 30–40 cm dos solos irrigados com água de poços. Em situação análoga, a lixiviação de cátions foi registrada por Brauner & Garcez (1982) e Quaggio et al. (1982) após calagem. A profundidade onde se dá a concentração dos sais lixiviados varia em função das características do solo, dos cátions e da fração de lixiviação aplicada (Ferreira & Martinez, 1997).

As medidas de condutividade elétrica efetuadas nos extratos de saturação correlacionam-se com o total de cátions ( $r = 0,94^*$ ) e ânions ( $r = 0,74^*$ ) analisados. As concentrações médias de  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  no extrato de saturação do solo decrescem consistentemente ao longo dos perfis de solos irrigados com águas de ambas as fontes (Quadro 6). Eles exibem coeficientes de correlação baixos, mas significativos, com a condutividade elétrica ( $0,15^*$  e  $0,26^*$ , respectivamente) e mais elevados com o pH do extrato de saturação do solo ( $0,36^*$  e  $0,59^*$ , respectivamente). Já as correlações entre  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  do extrato de saturação do solo com seus equivalentes nas águas de irrigação somente são significativas a 5 % para o  $\text{HCO}_3^-$ , com coeficientes de correlação em torno de 0,5 nas camadas de 0–5,

**Quadro 6. Valores médios de pH, condutividade elétrica, ânions carbonato e bicarbonato e cloretos solúveis no extrato de saturação do solo, em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação**

Prof.	pH		Condut. elétrica		$\text{CO}_3^{2-}$		$\text{HCO}_3^-$		$\text{Cl}^-$	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
cm			dS m <sup>-1</sup>		mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>					
Irrigação com água de poços tubulares										
0–5	7,44 b <sup>(1)</sup>	8,23 a	0,77 a	1,24 a	0,03 b	0,07 a	5,31 b	10,47 a	0,59 a	0,95 a
15–20	6,80 b	7,84 a	0,53 b	1,26 a	0,01 a	0,01 a	2,56 a	3,77 a	0,60 a	1,08 a
30–40	6,42 a	7,01 a	0,46 b	1,32 a	0,01 a	0,01 a	1,61 a	1,92 a	0,51 a	1,42 a
60–100	6,16 a	6,33 a	0,30 b	1,08 a	0,01 a	0,00 a	1,16 a	1,39 a	0,18 b	1,05 a
Irrigação com água do rio Gorutuba										
0–5	7,57 a	7,47 a	0,94 a	1,25 a	0,04 a	0,04 a	4,85 a	6,82 a	0,60 a	1,62 a
15–20	7,13 a	6,85 a	0,56 a	0,80 a	0,01 a	0,01 a	1,83 a	1,90 a	0,49 a	1,49 a
30–40	6,96 a	6,52 a	0,44 a	0,60 a	0,00 a	0,00 a	1,28 a	0,80 a	0,40 a	1,10 a
60–100	6,45 a	6,49 a	0,39 a	0,44 a	0,00 a	0,01 a	0,76 a	0,52 a	0,54 a	0,83 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

15–20 e 30–40 cm. Somente na camada de 0–5 cm dos solos irrigados com água de poços é verificada diferença significativa das concentrações médias de bicarbonato na solução do solo em relação à testemunha sob sequeiro. As correlações entre o pH do extrato de saturação do solo e as diversas propriedades analisadas nas águas de irrigação não mostram valores elevados nem significância a 5 %, com certo destaque, porém, para a correlação com o bicarbonato dissolvido em água, com  $r = 0,45^*$ .

O aporte simultâneo de  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$  juntamente com  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  via água de irrigação proveniente dos poços tubulares causou elevação nos teores desses íons em solução (Quadros 6 e 7), tornando possível a precipitação de carbonatos de Ca e Mg na superfície dos solos que recebem essa água, o que pode ser comprovado com a elevação do equivalente de  $\text{CaCO}_3$  encontrado na camada de 0–5 cm (Quadro 7). Esse efeito também pode ser creditado, em parte, à calagem, prática comum mesmo nos solos naturalmente ricos em  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , porém a pequena tendência de elevação observada nos solos que recebem água de rio não explica esse efeito. Nos bananais irrigados com água de poços foi registrada, em campo, a deposição de uma fina camada de carbonatos sobre o solo, restos culturais e partes vegetativas, apresentando abundante efervescência com HCl 10 %. Alguns dos solos que recebem água do rio Gorutuba, por estarem localizados em porção mais dissecada da paisagem, apresentam maior chance de manter contato com rochas carbonáticas, o que justifica os elevados valores de equivalente de carbonato em profundidade, elevando a média na camada de 60–100 cm (Quadro 7).

O  $\text{Ca}^{2+}$ , que apresenta elevações em seus teores no complexo de troca das camadas mais superficiais dos solos irrigados com águas de poços, mostra coeficientes de correlação crescentes entre suas concentrações na água de irrigação e as concentrações no extrato de saturação do solo ( $r = 0,36^{\text{ns}}$  para a camada de 0–5 cm;  $0,78^*$  para a camada de 15–20 cm;  $0,82^*$  para a camada de 30–40 cm; e  $0,88^*$  para a camada de 60–100 cm de profundidade). Esse comportamento pode indicar que nas camadas mais superficiais já ocorreu equilíbrio entre o teor do  $\text{Ca}^{2+}$  do complexo sortivo e o da solução do solo para as águas de irrigação utilizadas, o que ainda não foi atingido nas camadas inferiores, onde o aporte de  $\text{Ca}^{2+}$  proveniente da água de irrigação ainda provoca aumentos na solução do solo e, provavelmente, no complexo sortivo. Comportamentos semelhantes foram observados para o  $\text{Mg}^{2+}$  ( $r = -0,09^{\text{ns}}$ ;  $0,14^{\text{ns}}$ ;  $0,40^*$ ; e  $0,58^*$ ) e para o  $\text{Na}^+$  ( $r = 0,40^{\text{ns}}$ ;  $0,54^*$ ;  $0,46^*$ ; e  $0,30^{\text{ns}}$ ) nas profundidades de 0–5, 15–20, 30–40 e 60–100 cm, respectivamente. O  $\text{K}^+$  apresenta coeficientes de correlação muito baixos e não-significativos em todas as camadas estudadas.

### CONCLUSÕES

1. O uso de água de poços da região de Janaúba e as práticas culturais associadas provocam alterações nos solos equivalentes a uma calagem em doses elevadas, causando forte elevação dos valores médios de pH, bem como dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  dos solos. O grande aporte de  $\text{Ca}^{2+}$  veiculado pela irrigação com

**Quadro 7. Valores médios dos cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio solúveis no extrato de saturação do solo e o equivalente de carbonato nos solos em ambiente de sequeiro (SEQ) e irrigado (IRR), dos solos dos bananais agrupados em função da origem da água de irrigação**

Prof.	$\text{Ca}^{2+}$		$\text{Mg}^{2+}$		$\text{Na}^+$		$\text{K}^+$		Equivalente de $\text{CaCO}_3$	
	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR	SEQ	IRR
cm	mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>								g kg <sup>-1</sup>	
Irrigação com água de poços tubulares										
0–5	3,18 b <sup>(1)</sup>	9,01 a	0,91 b	2,17 a	0,05 b	0,28 a	0,52 a	0,31 a	2,66 b	15,74 a
15–20	2,77 b	9,85 a	0,93 a	1,56 a	0,04 b	0,37 a	0,17 a	0,20 a	1,98 a	3,43 a
30–40	2,55 a	10,07 a	0,67 a	1,63 a	0,04 b	0,41 a	0,10 a	0,05 a	1,66 a	2,24 a
60–100	1,63 b	6,88 a	0,38 a	1,38 a	0,03 b	0,36 a	0,04 a	0,05 a	1,18 a	1,39 a
Irrigação com água do rio Gorutuba										
0–5	3,78 a	5,57 a	2,06 a	3,64 a	0,06 a	0,17 a	1,22 a	0,67 a	2,31 a	3,01 a
15–20	2,50 a	3,21 a	0,83 a	1,66 a	0,09 a	0,20 a	0,35 a	0,43 a	1,56 a	1,57 a
30–40	1,74 a	2,15 a	0,46 a	0,92 a	0,14 a	0,21 a	0,19 a	0,08 a	1,31 a	1,20 a
60–100	1,20 a	0,86 a	0,36 a	0,34 a	0,13 a	0,21 a	0,07 a	0,04 a	7,45 a	3,25 a

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

água de poços provoca elevações das relações Ca/Mg e Ca/K nos solos estudados.

2. Houve precipitação de P nos solos irrigados com água de poços, e o P-resina reflete de forma mais realista a disponibilidade efetiva desse elemento para o bananal.

3. Os valores de pH H<sub>2</sub>O do extrato de saturação do solo são mais elevados que aqueles registrados na análise de rotina, principalmente nas camadas mais superficiais.

4. A concentração de sais solúveis na solução do solo ocorre em camadas intermediárias do perfil, devido à lixiviação.

### LITERATURA CITADA

- AYERS, R.S. & WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29)
- BRAGA, J.M. Avaliação da fertilidade do solo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- BRAUNER, J.L. & GARCEZ, J.R.B. Lixiviação de potássio, cálcio e magnésio em solos do Rio Grande do Sul submetidos à calagem, avaliada em condições de laboratório. R. Bras. Ci. Solo, 6:89-93, 1982.
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., 84:133-144, 1957.
- COLE, C.V.; OLSEN, S.R. & SCOTT, C.O. The nature of phosphate sorption by calcium carbonate. Soil Sci. Soc. Am. J., 17:352-356, 1953.
- DYNIA, J.F. & BARBOSA FILHO, M.P. Alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz irrigado em um solo de várzea tratado com calcário e palha de arroz em casa de vegetação. R. Bras. Ci. Solo, 17:67-74, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG. Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos do Distrito Agroindustrial de Jaíba - Minas Gerais. Belo Horizonte, 1976. 242p.
- FASSBENDER, H.W. & BORNEMISZA, E. Química de suelos con ênfasis en suelos de América Latina. San Jose, IICA, 1994. 420p.
- FERREIRA, P.A. & MARTINEZ, M.A. Movimento e modelagem de sais no solo. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E. & MEDEIROS, J.F., eds. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande, UFPB/SBEA, 1997. 383p.
- INSKEEP, W.P. & BLOOM, P.L. Effects of soil moisture on soil pCO<sub>2</sub> soil solution bicarbonate and iron chlorosis in soybeans. Soil Sci. Soc. Am. J., 50:946-952, 1986.
- JI, G.L. & LI, H.Y. Electrostatic adsorption of cations. In: YU, T.R., ed. Chemistry of variable charge soils. New York, Oxford University Press, 1997. 505p.
- MISRA, A. & TYLER, G. Influence of soil moisture on soil solution chemistry and concentrations of minerals in the calcicoles *Phleum phleoides* and *Veronica spicata* grown on a limestone soil. Ann. Bot., 84:401-410, 1999.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- NUNES, W.A.G.A. Efeitos da irrigação com água de poços tubulares e do rio Gorutuba sobre propriedades de solos da região de Janaúba-MG. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2003. 167p. (Tese de Doutorado)
- NUNES, W.A.G.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; RUIZ, H.A.; FREITAS, G.A. & BEIRIGO, R.M. Qualidade da água de irrigação de poços tubulares e do rio Gorutuba na região de Janaúba-MG. Irriga, 10:403-410, 2005.
- OLIVEIRA, C.V.; KER, J.C.; FONTES, L.E.F.; CURTI, N. & PINHEIRO, J.C. Química e mineralogia de solos derivados de rochas do Grupo Bambuí no Norte de Minas Gerais. R. Bras. Ci. Solo, 22:583-593, 1998.
- PISSALOUX, A.; MORARAD, P. & BERTONI, G.A. Alkalinity-bicarbonate-calcium effects on iron chlorosis in white lupine in soilless culture. In: ABADÍA, J., ed. Iron nutrition in soils and plants. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRON NUTRITION AND INTERACTIONS IN PLANTS, 7., Zaragoza, 1993. Dordrecht, Kuwer Academic, 1995. p.127-133. (Development in Plant and Soil Science, 59)
- PIZARRO, F. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. 2.ed. Madrid, Editorial Española, 1985. 542p.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. R. Bras. Ci. Solo, 6:189-194, 1982.
- RESENDE, M.; FERNANDES, B. & COELHO, D.T. Levantamento de reconhecimento dos solos da Bacia de Irrigação do rio Gorutuba. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Convênio DNOCS-UREMG, 1970. 143p.
- SILVA, F.C. & RAIJ, B. van. Avaliação da disponibilidade de fósforo, por diversos extratores, em amostras de solos cultivados com cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, 20:83-90, 1996.
- SILVA, J.T.A.; BORGES, A.L. & MALBURG, J.L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. Inf. Agropec., 20:21-36, 1999.
- SOLIS, P. & TORRENT, J. Phosphate sorption by calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. Soil Sci. Soc. Am. J., 53:456-459, 1989.
- TAGLIAVINI, M. & ROMBOLÁ, A.D. Iron deficiency and chlorosis in orchard and vineyard ecosystems. Eur. J. Agron., 15:71-92, 2001.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Committee of consultants. Guideline for interpretation of water quality for agriculture. Davis, 1974. 13p.
- WANG, M.K. & TZOU, Y.M. Phosphate sorption by calcite, and iron-rich calcareous soils. Geoderma, 65:249-261, 1995.
- WILLIAMS, J.D.H.; SYERS, J.K.; HARRIS, R.F. & ARMSTRONG, D.E. Fractionation of inorganic phosphate in calcareous lake sediments. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 35:250-255, 1971.