

## QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO DE POÇOS TUBULARES E DO RIO GORUTUBA NA REGIÃO DE JANAÚBA-MG<sup>1</sup>

Walder Antonio Gomes de Albuquerque Nunes<sup>1</sup>; João Carlos Ker<sup>2</sup>; Júlio César Lima Neves<sup>2</sup>; Hugo Alberto Ruiz<sup>2</sup>; Guilherme Albuquerque Freitas<sup>2</sup>; Raphael Moreira Beirigo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS. walder@cpao.embrapa.br

<sup>2</sup>Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

### 1 RESUMO

Estudou-se a qualidade de águas provenientes de poços tubulares e do Rio Gorutuba utilizadas para irrigação de solos em 24 propriedades da região de Janaúba, Norte de Minas Gerais, cultivados com banana prata-anã. Procedeu-se à caracterização química das águas de irrigação determinando-se sua condutividade elétrica, pH, teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , além de Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti e Zn.

As águas de poços e do rio diferenciaram-se quimicamente, sendo que as águas de poços apresentaram maiores valores médios de condutividade elétrica e Razão de Adsorção de Sódio (RAS), assim como maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , Si, Mn e Zn. As águas de poços foram consideradas de médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade, além de estarem próximas do limiar de restrição de uso devido aos elevados teores de bicarbonato em solução. As águas do rio foram classificadas como de baixo risco de salinidade e risco severo de sodicidade.

**UNITERMOS:** Água dura; Água de irrigação-Carbonatos.

NUNES, W. A. G. A., KER, J. C., NEVES, J. C. L., RUIZ, H. A., FREITAS, G. A., BEIRIGO, R. M.; QUALITY OF IRRIGATION WATER FROM TUBULAR WELLS AND THE GORUTUBA RIVER NEAR JANAUBA-MG

### 2 ABSTRACT

This work aimed to study the irrigation water quality from wells and from Gorutuba River used in 24 banana farms nearby Janauba, Minas Gerais State, Brazil. Chemical water characterization included electric conductivity, pH, concentrations of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti and Zn. Well and river waters differed chemically; the former presented higher electric conductivity and SAR average values, as well as higher  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , Si, Mn and Zn contents. Well waters were considered of medium salinity risk and low acidity risk and the high bicarbonate contents were close to restriction values for irrigation use. The river waters were classified as low salinity risk and severe acidity risk.

**KEYWORDS:** hard water, Irrigation water carbonates

### 3 INTRODUÇÃO

O Norte de Minas Gerais, incluído no “Polígono das Secas”, destaca-se pela concentração de perímetros públicos de irrigação. A pressão pela produção de alimentos, a necessidade de fixação do

<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 – DPS-UFV. Trabalho financiado pela FAPEMIG.

homem ao campo e a expansão do agronegócio da fruticultura têm levado à utilização de águas e de solos que apresentam graus crescentes de inadequação para o uso agrícola. Isto tem suscitado estudos cada vez mais detalhados sobre a qualidade de água para a irrigação, com efeitos diferenciados sobre as propriedades e características químicas e físicas dos diversos solos irrigados.

A região do Município de Janaúba, no Norte de Minas Gerais, tem experimentado notável expansão da área com agricultura irrigada, sobretudo com água de poços tubulares e, destacadamente, com a cultura da banana prata-anã. Esta expansão, entretanto, não tem sido acompanhada de estudos de monitoramento dos efeitos da qualidade da água sobre o *status* da salinização e alcalinização dos solos, apesar dos relatos de produtores expressando preocupação com a queda de produtividade sem explicação aparente, não sendo raros os casos de abandono dos bananais após quatro a seis anos de uso de irrigação. Em muitos casos esta queda de produção das culturas (banana principalmente) estaria vinculada aos efeitos deletérios causados ao solo pela água de irrigação de qualidade marginal.

Carter (1975) relata que uma das principais causas da salinização secundária é atribuída à irrigação com águas de qualidade marginal e ao manejo inadequado da irrigação. A concentração original de sais na água de irrigação pode aumentar muito, após cessada a irrigação, em razão da concentração de sais na solução do solo. Desse modo, mesmo com águas de composição salina média, a salinidade induzida pode se estabelecer com o tempo.

Bresler et al. (1982) mencionam que os problemas de salinidade são mais pronunciados nas regiões áridas e semi-áridas por causa de precipitação pluvial insuficiente para lixiviar os sais acumulados na zona radicular das plantas, agravados pelo movimento ascendente de solutos por capilaridade em regiões com elevada evapotranspiração potencial.

A Bacia do Rio Gorutuba apresenta elevados valores de evapotranspiração potencial e precipitação média anual em torno de 800 mm, com variabilidade temporal muito grande, resultando em valores anuais médios de deficiência de água no solo em torno de 430 mm. Essas características tornam a região de alto risco sob o ponto de vista de confiabilidade da precipitação, com sérias restrições à exploração agrícola com culturas de sequeiro, podendo ocorrer perda de safra em períodos mais críticos (EUCLYDES et al., 2002). Por isso, há mais de 20 anos observa-se expansão na agricultura irrigada na região, com predomínio, no Vale do Rio Gorutuba, da bananicultura.

A bananicultura irrigada da região de Janaúba se caracteriza pelo uso de lâminas de irrigação tradicionalmente excessivas, que variam entre 5 e 8 mm, aplicadas ao longo da linha de plantas, em turno fixo variando entre 24 a 48 horas, mantendo o solo permanentemente úmido.

O Vale do Rio Gorutuba apresenta grande diferenciação entre os ambientes geológicos de suas cabeceiras e de médio-baixo curso, separados pela Falha da Serra do Taquaral, que impõe uma transição abrupta entre dois ambientes geológicos e geomorfológicos distintos (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1981).

### 3.1 Águas superficiais

A sub-bacia do Rio Gorutuba faz parte da Bacia do Rio Verde Grande, afluente da margem direita do São Francisco, possuindo área de drenagem aproximadamente de 1.660 km<sup>2</sup>, 114 km de comprimento do curso d'água principal,  $Q_{7,10}$  de 0,06 m<sup>3</sup>/s,  $Q_{95\%}$  de 0,31 m<sup>3</sup>/s e 2 L/s/km<sup>2</sup> de vazão específica média. As áreas situadas no baixo curso do Rio Verde Grande e do Rio Gorutuba possuem baixos valores de vazões específicas, sendo os deflúvios superficiais produzidos nas regiões a montante bastante significativos para toda a bacia. As áreas de recarga de maior importância para o Rio Gorutuba estão na Serra do Espinhaço, que, favorecidas pela alta capacidade de restituição dos aquíferos fraturados em rochas quartzíticas e das coberturas detríticas arenosas a elas sobrepostas, controlam a drenagem superficial e perenizam as nascentes (EUCLYDES et al., 2002).

O sistema de drenagem da Bacia do Rio Verde Grande é constituído, em sua quase totalidade, por vários cursos de água intermitentes e efêmeros. Deve-se destacar que, embora muitos sejam naturalmente intermitentes, outros tornaram-se intermitentes em razão da intensificação do uso consuntivo de água na região, fato observado atualmente em diversos rios da região.

As águas do Rio Gorutuba, após percorrerem os trechos acidentados da Serra do Espinhaço, são armazenadas no reservatório do "Bico da Pedra", sendo então lançadas na Depressão Sanfranciscana, onde estão localizados os perímetros de irrigação do Gorutuba e da Lagoa Grande. Tal barragem armazena água proveniente do alto curso do Rio Gorutuba, que nasce em região de influência da Formação Terra Branca do Grupo Macaúbas (Proterozóico Superior), representada por

uma seqüência sedimentar pré-cambriana, depositada em discordância sobre o Supergrupo Espinhaço (INDA et al., 1984; COMIG, 1994). As rochas mais típicas do grupo Macaúbas são os paraconglomerados grauvaquianos, xistos granatíferos, quartzitos friáveis arcosianos e quartzitos duros silicificados, estes últimos com forte expressão na região (BRASIL, 1982). No seu alto curso, o Rio Gortuba recebe ainda alguma contribuição secundária de materiais do Complexo Santa Isabel, ou Complexo Porteirinha (Arqueano), representado por gnaissés e migmatitos, com núcleos de rochas básico-ultrabásicas. O relevo é acidentado, típico das bordas da Serra do Espinhaço.

### 3.2 Águas subterrâneas

A jusante da barragem do “Bico da Pedra”, o Rio Gortuba penetra em área de relevo aplainado da Depressão Sanfranciscana no domínio geológico do Grupo Bambuí, localmente representado por carbonatos de cálcio, margas, ardósias calcíferas, filitos e argilitos da Formação Paraopeba, constituindo seqüências com predomínio de rochas carbonáticas intercaladas pelas pelíticas (BRASIL, 1982).

Segundo Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1981), a região compreendida entre os Rios São Francisco, Verde Grande e Gortuba apresenta carstificação intensa, onde o calcário se encontra coberto por aluviões e/ou por coberturas detriticas terciárias em relevo plano, muito permeáveis, o que favorece a recarga do carste, cujo estoque hídrico sofre intensa exploração para uso em irrigação.

As águas do aquífero Bambuí são bicarbonatadas cálcicas ou calco-magnesianas, ocorrendo em menor proporção as bicarbonatadas mistas, sódicas ou calco-sódicas, sendo consideradas incrustantes. Águas cloretadas-bicarbonatadas e mistas aparecem com pouca freqüência e localmente, quando então passam a dominar os íons sódio e magnésio (SUVALE, 1968; COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS, 1977; OLIVEIRA, 1999). Nos últimos anos essas águas passaram a ser utilizadas para irrigação de culturas de banana por agricultores isolados, em vista da escassez de outras fontes de água.

Os calcários da formação Paraopeba, na região de Janaúria-Itacarambi-Janaúba, contêm concentrações importantes de sulfetos, onde ocorrem galena, pirita, calcopirita e blenda em grandes quantidades (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1981). O processo de oxidação das piritas envolve a formação de ácido sulfúrico, cuja dissolução leva à redução do pH e aumento de  $\text{SO}_4^{2-}$  em água.

Assim, em função das características supostamente contrastantes das águas disponíveis na região, este trabalho objetivou avaliar a qualidade das águas de irrigação provenientes de poços tubulares e do Rio Gortuba, utilizadas por produtores isolados e nos perímetros irrigados Lagoa Grande e Gortuba, nos Municípios de Janaúba e Nova Porteirinha, Norte de Minas Gerais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização

As áreas estudadas, localizadas aproximadamente entre os paralelos 14° 50' e 16° 10' de Latitude Sul e os meridianos 43° 05' e 43° 40' de Longitude Oeste, abrangem parte dos Perímetros de Irrigação de Gortuba e da Lagoa Grande, 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 Gortuba, afluente do Rio Verde Grande, que por sua vez deságua no Rio São Francisco.

### 4.2 Coletas e Análises

Foram coletadas amostras de águas em frascos de polietileno com capacidade de 600 ml em 24 propriedades de bananicultores irrigantes, distribuídos da seguinte forma: sete do Projeto de Irrigação do Gortuba; sete do Projeto de Irrigação Lagoa Grande e dez de usuários de águas de poços tubulares. O Projeto Gortuba utiliza águas captadas diretamente da Barragem do Bico da Pedra, a montante das cidades de Janaúba e Nova Porteirinha, por gravidade, enquanto o Projeto Lagoa Grande capta as águas no rio Gortuba por bombeamento, aproximadamente 5 km a jusante das referidas cidades.

As coletas de água foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2001, durante o período de estiagem, feitas diretamente nas linhas de irrigação ou nos condutos de acesso aos aspersores. O armazenamento das amostras de água foi efetuado em frascos de polietileno, sendo resfriada a temperatura inferior a 4° C para as análises físico-químicas de rotina, ou adicionando-se ácido nítrico (relação ácido:água 2:1000 para garantir  $\text{pH} < 2$ ) quando destinadas à análise de metais e elementos-traço (CETESB, 1987).

A caracterização das águas utilizadas na irrigação foi realizada em laboratório, determinando-se sua condutividade elétrica (CE), pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  (por espectrometria de absorção atômica-EAA),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  (por fotometria de emissão de chama),  $\text{SiO}_2$  (por colorimetria),  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  (por titulometria com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e  $\text{Cl}^-$  por titulometria com  $\text{AgNO}_3$  (APHA, 1998). De posse dos dados dos cátions, calculou-se a Razão de Adsorção de Sódio (RAS).

Também foram determinadas as concentrações de Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Ti e Zn, por espectroscopia de emissão atômica em plasma induzido em argônio (ICP/AES).

As comparações entre as características de cada fonte de água foram feitas pelo teste t, a 5% de probabilidade, para dados (amostras) pareados. As repetições foram as amostras coletadas nos bananais dos diferentes produtores de cada grupo. Os testes de correlações entre algumas características analisadas foram realizados a 1 e 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As águas de irrigação provenientes de poços tubulares apresentaram nítida diferenciação de suas características químicas e físico-químicas quando comparadas com aquelas provenientes do Rio Gorutuba, nos dois projetos de irrigação (Tabela 1). As águas de poços apresentaram maiores valores médios ( $p < 0,01$ ) de CE e RAS, assim como maiores teores médios de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , Si e Mn, além de maior teor de Zn ( $p < 0,05$ ). O pH e os teores de Cr e Al foram mais baixos nas águas de poços ( $p < 0,01$ ). Para  $\text{CO}_3^{2-}$ , Fe,  $\text{K}^+$ , Cd, Cu, As, Pb e Ni não houve diferença significativa entre os diferentes grupos de fontes de água, pelo teste t.

O maior valor médio ( $p < 0,01$ ) de pH nas águas do Rio Gorutuba pode ser creditado a diferentes motivos. Provavelmente o principal tenha sido o represamento que contribui para a elevação do pH devido às condições redutoras do ambiente lântico, em relação àquele observado para a água captada no projeto Lagoa Grande, alguns quilômetros a jusante.

A oxidação de minerais sulfetados presentes em meio ao calcário da região de Janaúba, registrado em Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1981), pode, também, ter contribuído para o abaixamento do pH das águas de poços. Além desses fatos, há uma razão inerente às rotinas de análise em laboratório, pois as águas com maiores quantidades de  $\text{CO}_2$  não equilibrado tendem a apresentar variações positivas de pH entre a coleta e a análise (0,8 a 1,8 unidades em amostras do Norte de Minas – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1981). Por outro lado, em amostras com o  $\text{CO}_2$  em equilíbrio ou saturadas em  $\text{CaCO}_3$  dissolvido, a elevação do pH pode variar de 0,1 a 0,4 unidades, ocorrendo precipitação de carbonato de cálcio, fazendo com que os valores de dureza determinados em laboratório sejam mais baixos em até 30%, além de pequena redução na condutividade elétrica.

**Tabela 1.** pH, condutividade elétrica (CE), íons dissolvidos, razão de adsorção de sódio (RAS), metais e outros elementos em águas de irrigação da região de Janaúba, Norte de Minas Gerais

Fonte <sup>1</sup>	pH	CE	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	Si <sup>o</sup>	Fe <sup>o</sup>	K <sup>+</sup>	Cd <sup>o</sup>	Cu <sup>o</sup>	Zn <sup>o</sup>	Cr <sup>o</sup>	Ni <sup>o</sup>	Ti <sup>o</sup>	Mn <sup>o</sup>	Al <sup>o</sup>
		dS m <sup>-1</sup>	mmolc L <sup>-1</sup>						mg L <sup>-1</sup>			µg L <sup>-1</sup>								
1 Poço	7,0	1,5	13,1	2,0	2,7	0,1	7,3	3,2	0,7	8,3	0,2	4,4	0,0	6,9	151,8	0,0	0,9	0,3	18,6	0,0
2 Poço	6,9	2,0	21,5	2,4	2,6	0,1	7,7	6,0	0,5	9,4	0,4	4,7	0,0	4,3	262,3	0,0	0,0	0,0	28,8	0,0
3 Poço	7,3	1,3	12,4	1,4	1,4	0,1	7,9	3,0	0,4	10,2	0,1	2,8	0,0	6,4	32,2	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0
4 Poço	7,3	1,3	12,4	1,4	1,4	0,1	7,9	3,0	0,4	10,1	0,1	2,7	0,0	6,5	29,3	0,0	0,0	0,0	41,7	0,3
5 Poço	7,1	0,8	8,3	0,7	0,9	0,1	6,6	3,6	0,3	6,9	0,2	2,2	0,7	11,7	4,3	1,0	1,1	0,0	185,0	1,7
6 Poço	7,3	1,2	11,1	1,2	0,8	0,1	6,4	7,6	0,2	6,9	0,1	4,3	0,0	10,1	3,7	0,6	0,0	0,0	219,5	0,0
7 Poço	7,2	1,0	3,8	2,8	2,5	0,0	9,5	1,8	1,0	6,3	0,1	5,5	0,0	10,4	3,1	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0
8 Poço	7,6	0,7	3,4	1,0	2,8	0,0	7,8	1,4	1,3	8,2	0,2	4,1	0,1	10,2	31,4	0,0	2,2	0,0	47,6	10,5
9 Poço	6,9	1,2	9,0	1,3	1,0	0,1	7,3	4,6	0,3	9,6	0,3	2,9	0,0	6,1	11,0	0,0	0,0	0,8	21,5	0,4
10 Poço	6,9	0,9	8,3	0,8	1,2	0,1	8,3	2,0	0,4	9,6	0,1	7,2	0,6	7,5	2,4	0,0	2,4	2,6	24,0	6,4
Média	7,2 a	1,2 a	10,3 a	1,5 a	1,7 a	0,1 a	7,7 a	3,6 a	0,6 a	8,5 a	0,2 a	4,1 a	0,1 a	8,0 a	53,1 a	0,2 a	0,7 a	0,4 a	65,6 a	1,9 a
CV (%)	3,2	31,8	50,2	46,0	47,3	52,7	11,4	53,9	63,9	16,7	51,1	37,1	201,5	30,3	162,0	221,2	145,2	225,6	111,4	187,2
11 Rio - LG	7,8	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	1,5	1,0	0,3	3,9	0,3	5,2	0,0	5,6	0,4	0,9	0,0	1,9	9,2	28,1
12 Rio - LG	7,7	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	1,5	1,0	0,3	3,8	0,5	6,4	0,0	5,3	3,2	0,5	0,0	2,1	10,0	24,6
13 Rio - LG	7,7	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	1,5	1,0	0,3	3,7	0,4	5,8	0,1	8,0	1,9	0,4	0,9	1,7	10,4	46,6
14 Rio - LG	7,7	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	1,5	1,0	0,3	3,7	0,6	7,5	0,0	9,3	1,0	0,1	0,0	0,8	13,9	21,1
15 Rio - LG	7,7	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	1,5	1,0	0,3	2,9	0,3	4,9	0,1	6,7	2,2	0,5	0,1	1,6	11,6	23,8
16 Rio - LG	7,6	0,1	0,6	0,3	0,4	0,1	1,5	1,4	0,4	3,0	0,5	6,1	0,0	8,2	4,3	0,7	0,5	2,4	11,7	31,4
17 Rio - LG	7,7	0,1	0,6	0,3	0,4	0,1	1,5	1,4	0,4	3,7	0,2	5,5	0,0	4,9	7,5	0,4	1,3	2,9	10,7	68,6
Média	7,7 b	0,1 b	0,5 b	0,3 b	0,3 b	0,1 a	1,5 b	1,1 b	0,4 b	3,5 b	0,4 a	5,9 a	0,0 a	6,9 a	2,9 b	0,5 b	0,4 a	1,9 b	11,1 b	34,9 b
CV (%)	0,7	0,0	9,2	0,0	14,9	0,0	0,0	17,5	11,7	11,3	35,0	14,6	170,8	24,6	82,0	45,9	130,6	35,1	13,8	48,9
18 Rio - GU	7,8	0,1	0,4	0,2	0,2	0,0	1,1	0,6	0,3	2,6	0,1	4,0	0,2	9,4	0,7	0,5	0,0	1,4	7,6	29,2
19 Rio - GU	7,9	0,1	0,3	0,2	0,2	0,0	1,0	0,6	0,3	1,9	0,3	3,7	0,1	8,1	0,7	0,6	0,1	1,2	6,9	31,3
20 Rio - GU	7,8	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1	1,4	2,0	0,2	2,3	0,1	3,1	0,0	7,2	3,4	1,1	2,5	0,3	6,7	39,7
21 Rio - GU	8,0	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1	1,3	2,2	0,2	2,8	0,1	3,9	0,0	5,6	3,6	1,4	2,9	1,2	7,2	41,0
22 Rio - GU	7,8	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	0,7	2,0	0,3	2,7	0,1	4,0	0,2	3,5	1,5	1,7	3,8	1,0	8,6	37,6
23 Rio - GU	8,1	0,1	0,5	0,2	0,2	0,1	1,1	1,2	0,2	1,8	0,2	3,3	0,1	3,4	1,5	1,5	3,1	0,9	8,1	32,1
24 Rio - GU	8,0	0,1	0,6	0,2	0,2	0,0	1,0	1,2	0,2	2,7	0,1	3,9	0,6	9,0	1,1	2,3	1,0	1,0	8,7	32,9
Média	7,9 c	0,1 b	0,5 b	0,2 c	0,2 c	0,1 a	1,1 c	1,4 b	0,2 c	2,4 c	0,2 a	3,7 a	0,2 a	6,6 a	1,8 b	1,3 c	1,9 b	1,0 b	7,7 b	34,8 b
CV (%)	1,5	0,0	21,3	0,0	0,0	93,5	20,9	48,1	7,8	16,9	46,4	9,9	123,3	37,8	69,3	48,9	80,4	34,2	10,3	13,1

<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.

A relação Mg/Ca nas águas de poços estudadas acompanhou as tendências observadas em Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1981) e Oliveira (1999), revelando amplo predomínio de  $\text{Ca}^{2+}$  sobre o  $\text{Mg}^{2+}$  em solução, reflexo da prevalência de calcários calcíticos sobre os dolomíticos. No presente estudo essa relação situou-se entre 0,08 e 0,73, com média de 0,19, indicando existir variação faciológica no calcário da região. Por outro lado, entre as águas de rio, o valor médio dessa relação foi de 0,54, com pequena variação em torno da média.

A classificação das águas estudadas, para uso em irrigação, segundo os critérios apresentados por Pizarro (1985) e Ayers & Westcot (1999), levando em conta a RAS corrigida e a condutividade elétrica (CE), mostra que aquelas originárias de poços são consideradas, em sua maioria, de médio risco de salinidade (C2), com exceção das amostras 8 e 2 (Tabela 1), classificadas como C1 e C3, de risco baixo e alto, respectivamente. Em relação aos problemas de infiltração por sodicidade são consideradas de baixo risco (S1), com exceção da amostra 8, classificada como de médio risco (S2). As águas de rio, por sua vez, foram todas classificadas como C1S3, com baixo risco de salinidade e risco severo de causar problemas de infiltração por sodicidade, ainda que os teores de sódio sejam baixos.

Os elevados teores médios de bicarbonato em solução nas amostras de água de poços situam-se próximos ao limite da classe de restrição severa para uso em irrigação, havendo amostras em que o limite de  $8,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ , preconizado por University of California (1974), foi ultrapassado (Tabela 1). Por isso, é comum a ocorrência de entupimentos de microaspersores, sendo generalizada a intensa precipitação de carbonato de cálcio sobre folhas e pseudocaule das bananeiras e na superfície do solo, ocorrendo abundante efervescência com HCl (10%), conforme constatado nas etapas de campo do presente trabalho.

As águas do Rio Gorutuba apresentaram diferenças quanto ao local de captação. Amostras coletadas diretamente da barragem do “Bico da Pedra” (amostras 18 a 24 – Tabela 1), a montante da cidade de Janaúba, apresentaram valores médios de pH, Cr e Ni mais elevados ( $p < 0,01$ ) que as águas captadas a jusante da cidade, no Perímetro de Irrigação da Lagoa Grande (amostras 11 a 17). Já os valores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , RAS, Si, Fe,  $\text{K}^+$ , Ti e Mn foram mais elevados ( $p < 0,01$ ) nas águas obtidas neste último ponto de captação, indicando que as atividades antrópicas são modificadoras da qualidade da água e/ou que já exista influência do ambiente geológico do Grupo Bambuí.

Os elevados teores de Al nas águas do Rio Gorutuba podem ser provenientes do intemperismo de micas como a muscovita, sericita e clorita, minerais abundantes em quartzitos da Serra do Espinhaço, de onde o Rio Gorutuba provém (BRASIL, 1982).

De maneira geral, as correlações existentes entre os teores das formas iônicas e a CE das águas de todas as fontes foram elevadas ( $p < 0,05$ ), indicando que essa característica físico-química é boa indicadora do *status* de salinidade total da água. No entanto, dentre as formas iônicas contidas nas águas de poços, apenas o  $\text{Ca}^{2+}$  se correlacionou positivamente com a CE ( $r = 0,93$ ;  $p < 0,01$ ) em função da destacada participação desse cátion no total de sais. A grande variabilidade dos teores dos outros íons nas diversas amostras de água de poços pode ter sido a causa da menor significância estatística dessas correlações. Os teores de  $\text{K}^+$  observados foram baixos em todas as fontes de água (Tabela 1), sendo este o cátion que menos contribuiu para a salinidade das águas de irrigação estudadas.

Por outro lado, houve amostras de água provenientes de poços que apresentaram teores de  $\text{Na}^+$  próximos ao limiar do “grau de restrição ligeiro e moderado” para uso em irrigação ( $3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ), proposto por Ayers & Westcot (1999), embora os valores de RAS estivessem sempre muito abaixo do respectivo limite. Isto pode ser creditado a um efeito de diluição provocado pelo  $\text{Ca}^{2+}$  presente em elevadas concentrações.

Entre as águas de poços, apenas as amostras 7 e 8 (Tabela 1) apresentaram “ $\text{Na}_2\text{CO}_3$  residual” (WILCOX et al., 1954) suficientemente elevado ( $> 2,5 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ) para classificá-las como inadequadas para uso em irrigação por longos períodos de tempo, indicando risco de elevação excessiva de pH. As demais apresentaram esse índice com valores negativos. Embora todas as amostras de águas provenientes do rio tivessem apresentado este índice positivo, ele sempre foi muito baixo.

## 6 CONCLUSÕES

As águas de poços e rios se diferenciaram quimicamente, sendo que as águas de poços apresentam elevados teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^{2-}$ , com maiores valores médios de CE e RAS, assim como maiores teores médios de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , Si, Mn e Zn.

As águas originárias de poços podem ser consideradas, em sua maioria, de médio risco de salinidade e baixo risco de sodicidade, embora com elevados teores de bicarbonatos, próximos do limiar de restrição ao uso. As águas de rio, por sua vez, podem ser todas classificadas como de baixo risco de salinidade e risco severo de causar problemas de infiltração por sodicidade.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA. **Standard methods for the examination of water and waste water**. 20<sup>th</sup> ed. Washington DC: American Public Health Association, 1998. 1220 p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. **Folha SD.23 Brasília**: levantamento de recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 660 p.

BRESLER, E.; McNEAL, B.L.; CARTER, D. L. **Saline and sodic soils**: principles, dynamics and modeling. New York: Springer-Verlag, 1982. 236 p. (Advanced Series in Agricultural Sciences, 10).

CARTER, D.I. Problems of salinity in agriculture. In: POLJAKOF-MAYBER, A.; GALE, J. **Plants in saline environments**. New York: Springer-Verlag, 1975. p.25-35.

CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 1987.150 p.

COMIG. **Mapa geológico do Estado de Minas Gerais**: escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, 1994.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Projeto Hidrogeologia do Sul da Bahia e Norte de Minas Gerais**. Rio de Janeiro, 1977. 572 p.

EUCLYDES, H.P. et al. Regionalização hidrológica nas sub-bacias do Alto e Médio São Francisco em Minas Gerais. In: EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A. (Ed.). **Recursos hídricos e suporte tecnológico a projetos hidroagrícolas**: sub-bacias do Alto e Médio São Francisco. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; RURALMINAS; ANA, 2002. p.1-142.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **2º Plano de desenvolvimento integrado do Noroeste Mineiro**: síntese. Belo Horizonte, 1981. 130 p. (CETEC. Série de Publicações Técnicas).

INDA, H.A.V. et al. O Cráton do São Francisco e a faixa de dobramentos Araçuaí. In: SCHOBENHAUS, C. et al. (Ed.). **Geologia do Brasil**. Brasília, DF: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. p.193-249.

OLIVEIRA, C.V. **Atributos químicos, mineralógicos e micromorfológicos, gênese e uso de solos do Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais**. 1999. 161 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos**. 2. ed. Madrid: Editorial Española, 1985. 542 p.

SUVALE. **Reconhecimento dos recursos hidráulicos e de solos da Bacia do Rio São Francisco.** Rio de Janeiro: SUDENE, 1968. 119 p.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Committee of Consultants. **Guideline for interpretation of water quality for agriculture.** Davis, 1974. 13 p.

WILCOX, L.V.; BLAIR, G.Y.; BOWER, C.A. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. Soil Science, Baltimore, v.77, p.259-266, 1954.