

ASPECTOS HIDROGEOQUÍMICOS E CLASSES DE ÁGUA DO AQUÍFERO CÁRSTICO NA REGIÃO DE JAÍBA, VARZELÂNDIA E VERDELÂNDIA, MG

HYDROGEOCHEMICAL ASPECTS AND WATER CLASSES OF THE KARST AQUIFER IN JAIBA, VARZELANDIA AND VERDELANDIA, MG

Estefânia Fernandes dos Santos¹, Maricene Menezes Oliveira Mattos Paixão¹, Sergio
Melo da Silva²

RESUMO A região de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia está situada na Sub-Bacia do Rio Verde Grande, Bacia do Rio São Francisco, domínio semi-árido do Estado de MG. Geologicamente, as principais unidades estratigráficas aflorantes são as formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias pertencentes ao Grupo Bambuí, bem como o Grupo Urucuia na Serra do Sabonetal e São Felipe, em Varzelândia, e as coberturas e sedimentos cenozóicos. O aquífero cárstico principal é composto pelos calcilutitos, calcarenitos e calciruditos da Formação Lagoa do Jacaré, o qual é a principal fonte de suprimento hídrico da população e de irrigação. O aquífero Bambuí, entretanto, desenvolve níveis de carstificação que variam em diferentes setores, influenciando, por conseguinte nas potencialidades e qualidade das águas subterrâneas. Neste artigo são apresentados aspectos relativos ao uso e de salinização das águas subterrâneas, com ênfase a qualidade da água subterrânea e as classes de água para irrigação. Foram utilizados dados de estudos de cadastro de poços, de estudos topográficos e resultados de análises químicas. Verificou-se que no setor Centro e Sul a salinidade aumenta consideravelmente, com fácies do tipo HCO₃-Ca, com restrições de qualidade para o uso humano e uso agrícola (Classe C3S1).

Palavras-chave: Sub-bacia Rio Verde Grande, Grupo Bambuí, água subterrânea

ABSTRACT The Jaíba, Varzelândia and Verdelândia region is situated on the Verde Grande river sub-basin, part of the São Francisco Basin, in the semi-arid domain of the MG State. Its geology comprehends mainly carbonate rocks (calcareous and phillites) of the Bambuí Formation where the principals base formations are Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade and Três Marias, as well as the Urucuia Group in Serra do Sabonetal and São Felipe, in Varzelândia, and the cenozoic covers and sediments. The main karst Aquifer is composed by calcareous rock, which is the main water supply source to human use and irrigation. This Aquifer develops different levels of karst in the different sectors of the area, affecting the groundwater potentialities and its quality. In this article aspects in relation to the groundwater use and salinization are presented, highlighting the groundwater use to irrigation. It was developed using data obtained from wells cadastre, topographic studies and the interpretation of the hydrochemistry data. In the Centre and South sectors the groundwater salinity is high and the quality suffers a certain restriction to human use and irrigation (Class C3S1).

Keywords: Verde Grande river Sub-Basin, Bambuí Group, groundwater

¹ IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas (estefania.fernandes@meioambiente.mg.gov.br)

¹ IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas (maricene.paixao@meioambiente.mg.gov.br)

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFMG (smelos@hotmail.com)

INTRODUÇÃO

A área de estudo está situada nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia, na região norte de Minas Gerais, Sub-bacia do Rio Verde Grande, cobrindo uma superfície de aproximadamente 5000 km² (Figura 1). Trata-se de um domínio semi-árido com precipitações pluviométricas médias de 978 mm anuais e déficit hídrico que alcança 666 mm anuais e evapotranspiração anual de 1644 mm (SUDENE, 1984).

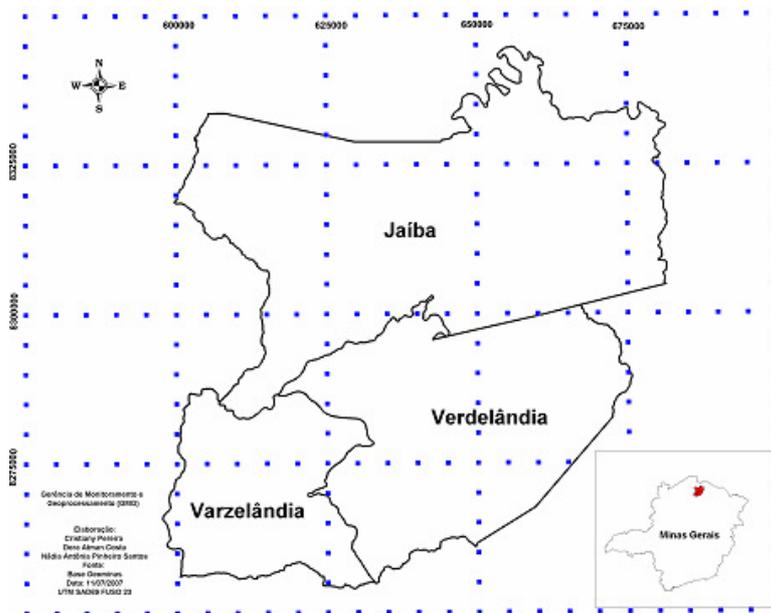


Figura 1: Situação da área de estudo

Geologicamente, está situada na Bacia do São Francisco, ao norte de MG, composta pelas formações do Grupo Bambuí, de acordo com as informações geológicas do mapeamento regional na escala 1:500.000, segundo Martínez (2007, *in* FREITAS *et al.* 2008) representadas na Figura 2. As principais unidades estratigráficas aflorantes nos municípios de Jaíba, Verdelândia e Varzelândia são as formações Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias pertencentes ao Grupo Bambuí, bem como o Grupo Urucuia na Serra do Sabonetal e São Felipe, em Varzelândia, e as coberturas e sedimentos cenozóicos. A Formação Lagoa do Jacaré reúne calcarenitos e calciruditos oolíticos/psolíticos e intraclásticos de coloração cinza escura intercalado com biolitos e calcilitos. A unidade acima estratigraficamente é a Formação Serra da Saudade, formada por siltitos e argilitos que exibe discordância erosiva com a Formação Três Marias, composta de arcósios finos a médios, arenitos calcíferos, feldspáticos, siltitos e raros argilitos. A Formação Urucuia restrita a Serra de São Felipe e Sabonetal, a oeste da área, é representada por arenitos de granulometria média, bem selecionados, com grãos subarredondados, coloração branca a vermelha, extensamente silicificados e laterizados.

Na área de estudo podem ser individualizados 3 domínios hidrogeológicos distintos. O sistema Cárstico constitui importantes aquíferos, fornecendo boas vazões, onde o processo de carstificação é mais intenso, como observado na região dos municípios de Jaíba, Verdelândia e Varzelândia. As melhores possibilidades de armazenamento das águas subterrâneas neste domínio estão condicionadas às zonas de dissolução cárstica mais acentuadas. Na bacia, os calcários ocorrem, em geral, sob a forma de planos

horizontalizados, entretanto, a presença de fraturamentos e dobramentos localizados contribui significativamente para o desenvolvimento dos fenômenos de carstificação. Os sedimentos de cobertura ou o manto de alteração retêm a água facilitando a recarga, na ausência de solo, a recarga é mais efetiva em depressões associadas a dolinas. As suas águas são, em geral, boas. Localmente existem restrições ao seu uso, em função da elevada dureza e dos altos valores de sólidos totais dissolvidos relacionados à dissolução das rochas calcárias. As águas são bicarbonatadas cálcicas e/ou magnesianas, com predomínio dos tipos cálcicos, e apresentam caráter levemente alcalino, indicado pelo pH médio de 7,79. A média de condutividade elétrica é 463 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de 42 a 2.336 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A média da alcalinidade é 210,4 mg/L e a dureza total é elevada, com média de 219,7 mg/L. Esses valores refletem a interação entre água e rochas calcárias (RAMOS & PAIXÃO, 2003).

As possibilidades de aproveitamento das águas subterrâneas no domínio do Sistema Cárstico-fissurado são condicionadas principalmente pelo grau de fraturamento. Portanto, quanto maior a presença de fraturas transversais e longitudinais, tanto maiores serão as possibilidades de armazenamento. Os depósitos de cobertura e os capeamentos de arenitos cretáceos têm papel importante na recarga, uma vez que estes sedimentos têm alta permeabilidade e capacidade de infiltração. Suas águas caracterizam-se como bicarbonatadas magnesianas, bicarbonatadas sódicas e mistas, e menos mineralizadas que as do sistema cárstico, como indica a média de condutividade elétrica, 427 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em média, o pH é 8,00 (RAMOS & PAIXÃO, 2003). Localmente foi descrita a ocorrência de flúor acima dos padrões de potabilidade em poços que exploram o sistema aquífero Bambuí (DIAS & BRAGANÇA, 2004). A sua origem foi atribuída à dissolução do mineral fluorita presente nos calcários (MENEGASSE ET AL., 2004).

O Sistema Granular é constituído tanto de sedimentos inconsolidados (aluviões e depósitos de pedimentos) como consolidados (arenitos). A alimentação destes aquíferos ocorre diretamente pela infiltração das águas da chuva, sendo que a presença de horizontes impermeáveis define a predominância de fluxos verticais e horizontais. As águas do aquífero dos arenitos da Fm. Urucuia são de boa qualidade, predominantemente bicarbonatadas cálcicas, pouco mineralizadas, com média da condutividade elétrica de 82,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e com pH inferior ou igual a 7 (RAMOS & PAIXÃO, 2003).

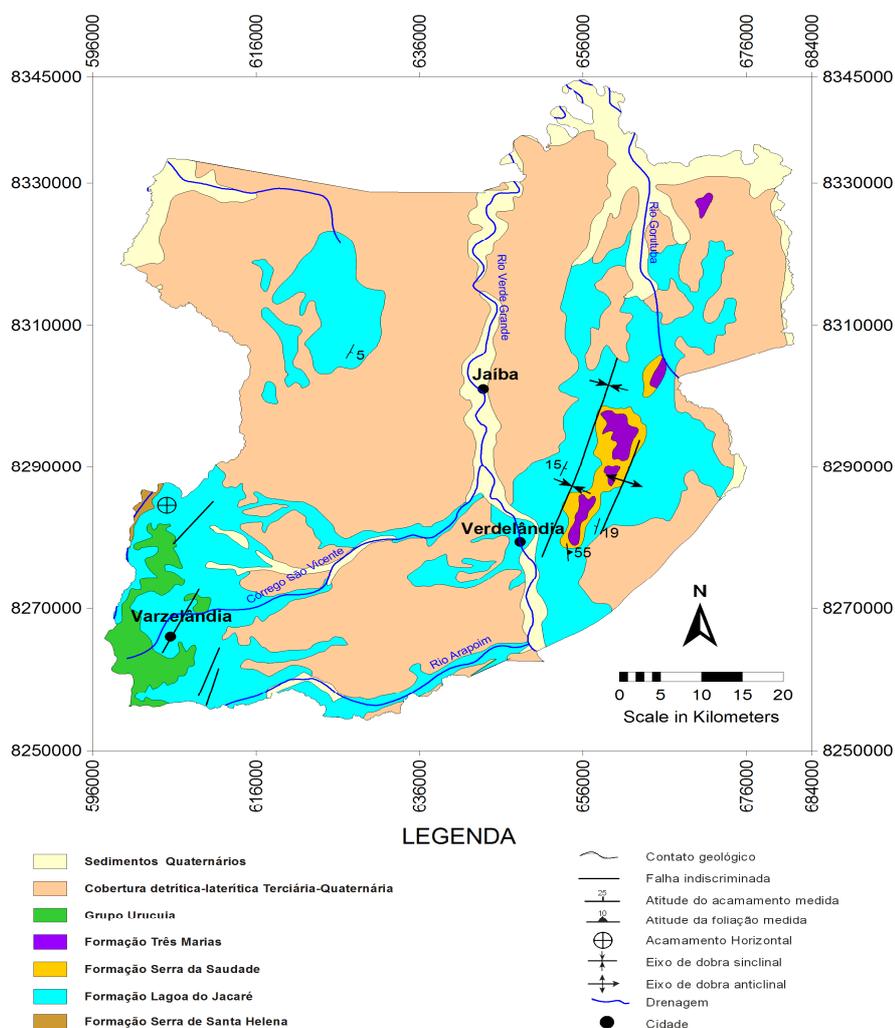


Figura 2: Mapa geológico regional, modificado de Martínez (2007)

Tem-se verificado, nos últimos dez anos, que o número de poços perfurados captando águas do aquífero Bambuí na região de estudo tem crescido a uma taxa muito elevada, como também tem aumentado as vazões de exploração dessas unidades, com poços produzindo até 250 m³/h. Paralelamente, tem-se constatado um progressivo rebaixamento do nível da água dos poços na região, culminando no esgotamento/exaustão de diversos poços já existentes e em poços secos resultantes de novas perfurações (IGAM, 2009). Outro fato a ser destacado é quanto à presença do Distrito de Irrigação de Jaíba a oeste do município, conhecido como Projeto Jaíba, constituído de canais de adução das águas do Rio São Francisco para auxílio nas extensas lavouras presentes.

No presente artigo são discutidos os diferentes contextos hidrogeológicos, hidroquímicos e de salinização das águas, associando essas mudanças às características litológicas e estruturais do terreno, além de que é feita uma avaliação apurada da qualidade das águas para consumo humano.

METODOLOGIA

Os estudos foram desenvolvidos tomando por base o levantamento de dados do cadastro de 338 poços, e dentre estes a seleção de 44 poços para a realização das análises químicas, o nivelamento topográfico dos mesmos (com GPS geodésico). Essas

Microbiológicos (coliformes termotolerantes e estreptococos fecais); OD, Série Nitrogênio, sulfatos, sulfetos e Agrotóxicos.

PARÂMETROS HIDRÁULICOS E FLUXO SUBTERRÂNEO

Os poços perfurados na área apresentam profundidades que variam de 11 a 186 m, com a ocorrência de poços desde secos a poços produzindo até 270 m³/h. Os níveis estáticos dos poços variam de 0 a 35 m e são produzidos rebaixamentos que geram níveis dinâmicos de 11 a 145 m. A média da capacidade específica dos poços chega a 26 m³/h/m, variando de 0,02 a 247 m³/h/m. A superfície potenciométrica do aquífero apresenta uma zona de recarga localizada a oeste da área de estudo, e alguns pontos de depressão que indicam superexploração do aquífero, a norte da área, denotando-se, entretanto uma tendência do fluxo subterrâneo regional na direção de Sul para Nordeste (Figura 4).

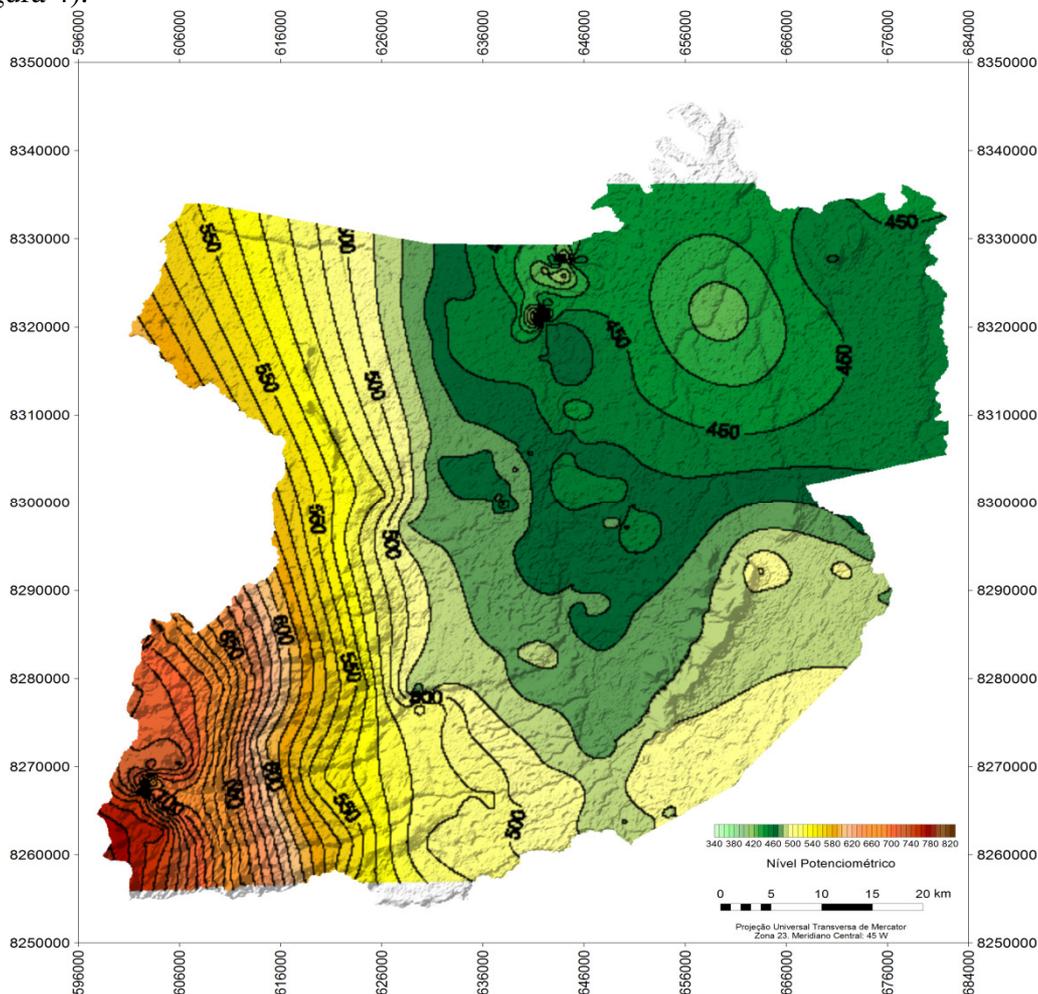


Figura 4: Mapa potenciométrico da região de estudo

ANÁLISE HIDROGEOQUÍMICA E QUALIDADE DAS ÁGUAS

As considerações e discussões apresentadas a seguir dizem respeito aos resultados das análises químicas de 5 campanhas semestrais de coleta de amostras de água realizada entre o período de agosto de 2007 a setembro de 2009 (Tabela 1).

RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS

O parâmetro condutividade elétrica *in loco* das águas subterrâneas dos pontos monitorados apresenta média de 844,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando entre 219,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 2782 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A condutividade elétrica das águas variou de 455 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (setor Noroeste) a 2546 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (no centro-sul da área, Figura 5). A larga faixa de variação desse parâmetro evidencia a diferenciação do tipo químico das águas da região. A predominância das rochas carbonáticas mais solúveis na região explicam a alta condutividade observada em algumas amostras. As águas apresentam o pH *in situ* variando de ácidas a básicas, editando o valor do pH compreendido no intervalo de 6,32 e 8,3, com uma média de 7,09, ficando dentro do intervalo estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

A alcalinidade mede a dureza de carbonatos nas águas subterrâneas. As águas amostradas podem ser classificadas como duras (45%) e muito duras (55%), resultado provavelmente devido à predominância das rochas carbonáticas e a inserção completa dos municípios na região semi-árida, o que aumenta a concentração de íons carbonatos devido ao baixo trânsito de águas subterrâneas.

Os sólidos totais dissolvidos variaram de 144,9 mg/L a 2156,0 mg/L e a concentração de cloreto, de um mínimo de 3,0 mg/L a um máximo 801,0 mg/L. De um modo geral a salinidade das águas é mais elevada nos setores Sudeste e Central da área, que corresponde aos domínios onde a Serra da Jaíba se destaca como afloramentos de rochas calcárias mais puras. Os teores de nitrato situam-se entre 0,01 a 15,8 mg/L de N, estando a média das concentrações em 1,25 mg/L de N sendo considerado baixo.

Tabela 1: Resultados das análises químicas das águas, valores médios dos principais parâmetros

Poços	CE										
	pH	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Nitrato	Namonical	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃	SO ₄	Cl ⁻
IVD30	7.13	655.24	0.69	0.10	89.22	8.36	10.16	1.57	243.48	19.16	22.47
IVD49	6.84	656.00	2.45	0.12	91.36	5.04	16.23	2.07	266.49	14.80	29.12
VD12	6.79	752.58	0.80	0.10	112.60	7.93	13.19	1.05	288.11	18.00	41.97
VD17	6.72	2435.80	0.50	0.13	202.77	18.02	204.86	2.35	265.61	9.86	609.40
IVD14	7.61	757.62	1.69	0.12	88.80	9.01	39.97	2.18	377.26	28.90	36.79
IVZ16	6.86	920.98	2.65	0.26	124.50	11.94	26.05	1.76	370.37	29.20	125.50
IVD34	6.97	626.36	0.41	0.11	88.70	15.23	13.76	1.39	350.73	12.94	33.40
IVZ20	7.09	1085.60	0.30	0.18	103.30	36.18	25.36	1.22	511.77	45.06	91.39
IJ24	6.80	949.96	4.79	0.12	116.60	10.40	17.30	1.35	397.04	24.72	80.06
IJ140	7.11	782.86	1.39	0.10	96.14	11.93	12.69	1.18	395.30	13.06	46.43
N13	6.88	843.74	2.24	0.10	103.28	11.05	13.61	1.16	406.34	18.94	53.86
IVZ5/6	6.61	874.98	1.01	0.10	126.72	11.69	14.78	0.97	482.04	21.04	27.45
IVZ4	7.16	613.46	1.79	0.10	87.44	6.69	8.76	1.69	350.18	10.72	10.63
IVZ14	7.08	595.62	0.86	0.10	92.76	3.08	2.51	1.61	377.65	2.86	4.29
IVD44	6.98	938.84	4.78	0.10	135.24	4.71	28.55	1.17	381.74	9.56	92.32
IVZ13	7.10	596.92	0.41	0.12	89.18	8.60	13.75	1.66	413.96	18.00	19.00
IJ19	6.85	1047.36	2.69	0.10	153.00	7.46	18.88	2.31	347.32	32.46	129.94
N2	7.86	920.94	1.60	0.15	110.05	9.53	34.46	1.73	341.92	22.02	96.18
N11	7.01	738.58	0.31	0.16	111.19	19.09	75.15	1.67	399.09	33.16	49.81
IJ165	6.95	930.56	2.62	0.23	83.90	11.87	48.17	1.38	451.65	38.42	56.82
CIS.02	6.74	992.98	1.31	0.21	141.12	6.89	29.38	2.06	466.19	13.48	86.53
CIS.03	7.11	639.15	0.64	0.12	86.74	3.66	14.25	1.87	374.02	11.10	27.77
CIS.01	7.04	934.72	1.95	0.17	136.16	11.85	10.28	2.28	246.52	31.12	177.42
IIN5PÇO	6.63	1240.00	1.67	0.10	167.42	24.12	26.67	1.90	454.66	90.88	150.40
CIS.04	7.05	533.72	0.08	0.10	78.16	5.09	8.08	1.30	313.17	8.68	13.05
CIS.05	7.19	586.24	0.05	0.10	53.90	10.13	35.71	1.43	374.79	7.24	9.68

CIS.06	7.37	577.62	0.24	0.10	86.72	5.83	5.23	0.92	378.90	7.12	5.87
CS.07	7.67	503.16	0.88	5.56	74.22	4.60	5.23	9.50	260.09	19.54	8.74
VAR-027	6.80	710.94	0.12	0.10	85.58	13.20	16.39	1.21	426.71	17.72	19.47
VER-148	6.87	634.14	0.56	0.10	87.82	7.82	11.85	2.41	384.30	10.32	22.10
PJ 1	7.34	473.08	0.07	0.10	59.13	20.25	5.36	1.19	293.38	12.00	3.64
PJ 2	8.21	547.18	0.02	0.26	6.07	2.42	109.80	2.60	315.61	6.22	14.42
PJ 4	7.87	490.10	0.04	0.16	21.03	9.26	71.17	2.25	205.06	10.93	22.03
CIS J01	6.95	802.30	7.92	0.65	137.95	9.64	57.39	3.12	231.92	58.00	59.75
CIS J02	6.93	1447.80	0.75	0.16	185.90	9.55	61.65	2.05	361.52	24.76	248.60
CIS J03	7.38	660.90	0.36	0.15	72.15	20.96	16.66	1.12	143.96	24.65	51.27
PJ-NH2	7.73	455.84	0.02	0.12	26.91	13.87	39.90	2.33	238.35	10.68	21.56
CIS.08	6.79	903.62	5.54	0.14	130.18	6.73	34.45	0.67	399.30	11.58	43.76
VZB-01	7.79	514.28	0.16	0.16	68.83	4.06	30.36	2.89	314.24	14.42	11.02
JAA-01	6.76	920.16	0.13	0.10	104.10	30.08	16.86	1.56	480.79	35.34	46.34
IJ60	7.16	617.26	0.02	0.16	45.74	16.30	59.38	1.40	366.52	6.98	29.70
VDS-01	6.56	954.56	0.91	0.10	126.60	9.78	26.99	4.47	518.26	14.98	48.74
VDQ-02	6.50	2546.80	0.21	0.12	255.84	46.92	95.84	2.18	448.08	192.88	605.60
Leila-01	7.15	471.70	0.26	0.75	51.90	4.65	17.61	2.97	78.90	2.77	98.07

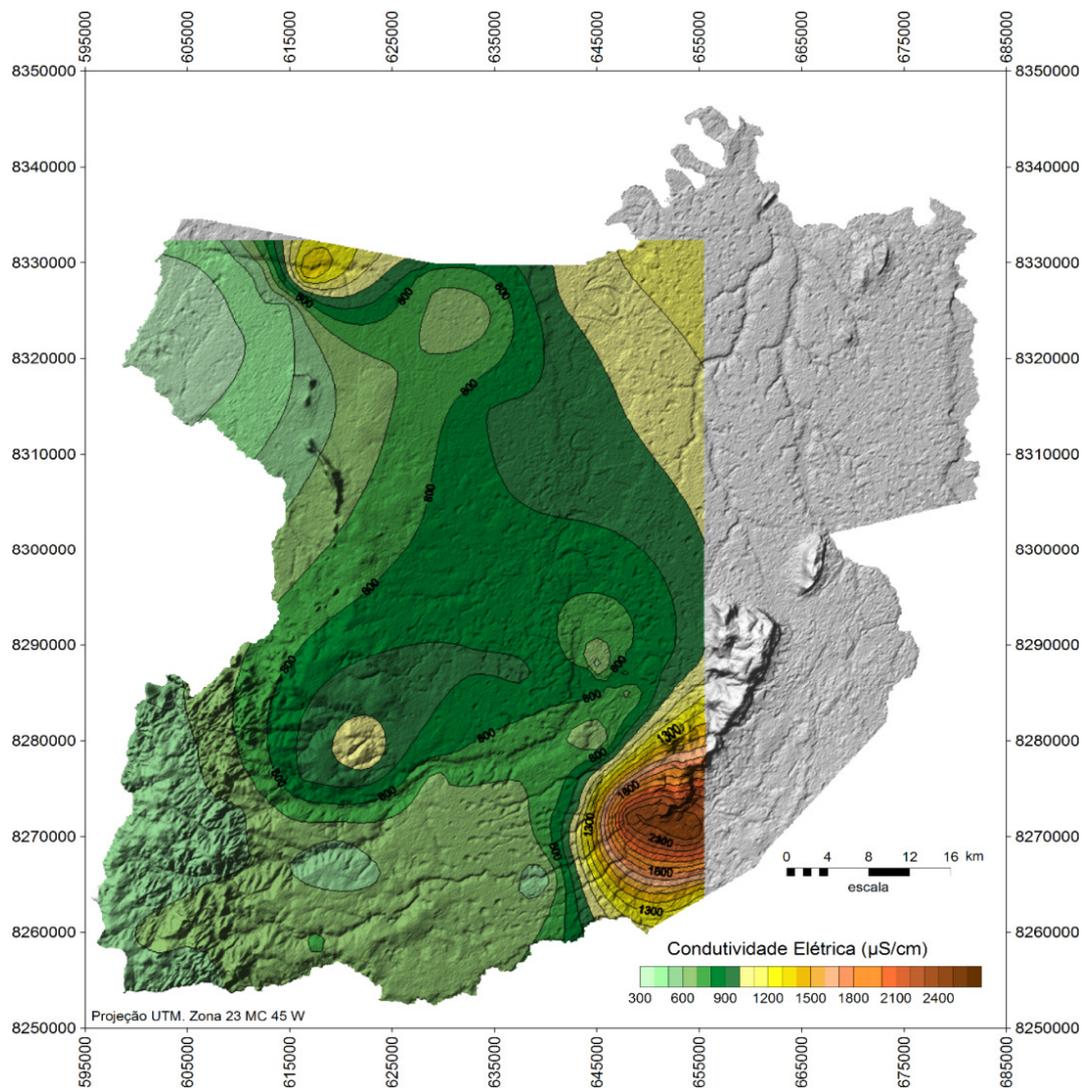


Figura 5: Condutividade elétrica das águas subterrâneas

CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA

Entre os cátions principais analisados, o Ca^{2+} apresenta a maior concentração, seguido por Na^+ , Mg^{2+} e K^+ . Já entre os ânions predomina Cl^- , seguido por HCO_3^- , SO_4^- e por último NO_3 (tabela 2).

Tabela 2: Concentrações (mg/L) mínimas, máximas e médias de cátions e ânions principais.

Íons	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Ca	5,49	339,70	125,86	54,13
Na	2,17	213,70	32,54	35,93
Mg	0,81	62,20	11,79	10,41
K	0,54	9,12	1,96	1,25
Cl	3,04	801,00	81,89	136,03
HCO_3	68,17	534,27	367,97	100,39
SO_4	1,00	259,00	23,69	33,84
NO_3	0,01	15,80	1,15	1,66

As águas subterrâneas dos poços tubulares são consideradas águas mais profundas, e por isso apresentam características distintas que as classificam amplamente. As águas dos poços tubulares de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia são predominantemente bicarbonatadas-cálcicas. Observa-se no diagrama de Piper (Figura 6) que algumas concentrações médias de águas caem na classificação de águas mistas, sódicas, sulfatadas e cloretadas, possuindo-se pequena predominância de águas cloretadas-sulfatadas, com proporção variada de cálcio, sódio e magnésio e predominância do cálcio na maior parte das amostras para as águas de poços.

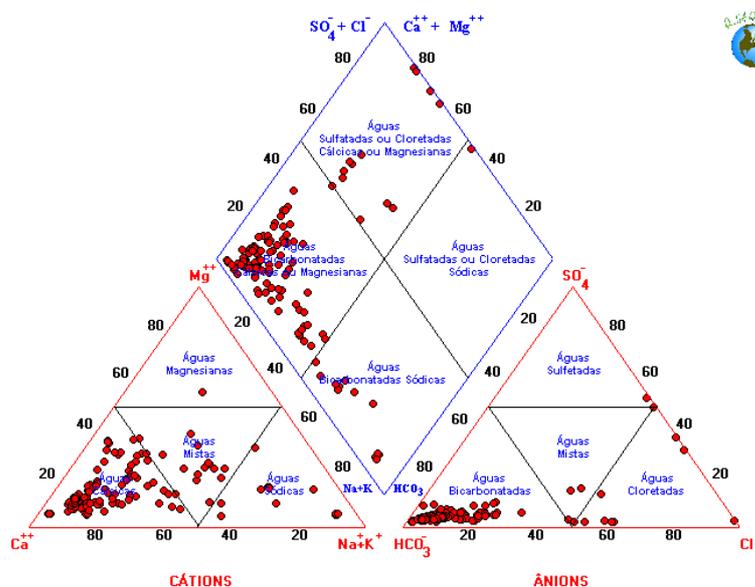


Figura 6: Classificação das fácies hidroquímicas para as águas subterrâneas de poços tubulares nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia.

As águas das cisternas são consideradas águas subterrâneas rasas, ou freáticas. Representam águas de aquíferos granulares, de características mais homogêneas. Nas

cisternas, as concentrações dos íons principais apresentam uma dispersão no diagrama (Figura 7) mais sutil, concentrando-se nas classificações de águas cálcicas e águas bicarbonatadas. Somente uma amostra enquadrou-se na classificação de água mista.

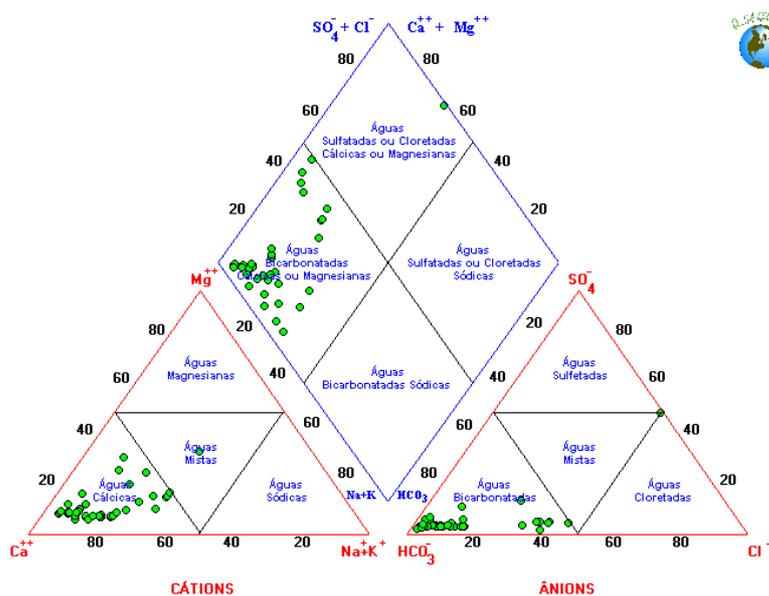


Figura 7: Classificação das fácies hidroquímicas para as águas subterrâneas de cisternas nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA – POTABILIDADE

Dentre as amostras coletadas durante as 5 campanhas realizadas, 90% delas apresentou pelo menos uma violação no que diz respeito aos parâmetros mais violados, conforme o limite estabelecido pela Ministério da Saúde (BRASIL, 2004): Sólidos totais dissolvidos, Cloretos, Fluoreto, Nitrato, Sulfato, Alumínio total, Chumbo total, Ferro total, Manganês total, Níquel total, Sódio dissolvido e Coliformes Termotolerantes. Os demais parâmetros que apresentaram violações quanto ao limite estabelecido pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) foram Turbidez, Cor Real e Sulfetos.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Em Minas Gerais, a água subterrânea assume importância fundamental no abastecimento dos municípios, seja em áreas urbanas ou rurais, e em grandes projetos de irrigação. Em Jaíba, Varzelândia e Verdelândia, municípios mineiros pertencentes ao Semi-Árido, a captação da água subterrânea é vital, considerando a escassez e a dificuldade de acesso às águas dos rios, córregos e lagos. Esses municípios estão localizados sobre áreas cársticas, onde formam aquíferos mais complexos e mais susceptíveis à contaminação.

O potencial das águas subterrâneas para irrigação foi avaliado conforme definido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954), o *United State Salinity Laboratory* – USSL baseados na razão de adsorção de sódio (RAS, ou SAR em inglês) e na condutividade elétrica da água (C.E.) utilizada para caracterizar o perigo de salinização do solo. O RAS indica a porcentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvido pelo solo, enquanto que a condutividade elétrica é associada à salinidade

das águas, conforme equação 1. Por essa classificação, quanto maior RAS menos a água é apropriada para a irrigação. As classes S1, S2, S3 e S4 representam baixo a alto risco de sódio e, analogamente as classes C1, C2, C3 e C4 representam baixa a alta salinidade. As águas que representam condições ideais para irrigação são da classe C1-S1 e as de pior qualidade são do tipo C4-S4.

$$RAS^{\circ} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca^{\circ} + Mg)}{2}}} \quad (1)$$

Sendo:

Na⁺ - Concentração de sódio na água, em mmolL⁻¹;

Ca^o - Concentração de cálcio na água, corrigida pela relação HCO₃⁻/Ca (mmolL⁻¹) e CEa (dS.m⁻¹), de acordo com a tabela 3; Mg²⁺ - Concentração de Magnésio na água, em mmolL⁻¹.

Considerando a classificação RAS, as águas podem ser divididas em classes considerando a salinidade e o conteúdo em sódio. As águas de salinidade média (C2) podem ser utilizadas na irrigação se houver uma lixiviação moderada do solo. As águas de alta salinidade (C3) só podem ser utilizadas em solos bem drenados, e apenas as plantas de boa tolerância salina devem ser cultivadas. As águas de salinidade muito forte (C4) geralmente não servem para irrigação, porém podem ser utilizadas em solos permeáveis, bem cuidados e muito irrigados. Somente as plantas de altíssima resistência salina podem ser cultivadas.

As águas fracamente sódicas (S1) podem ser utilizadas em quase todos os solos com fraco risco de teores nocivos de sódio susceptível de troca. Já as águas medianamente sódicas (S2) apresentam perigo de sódio para solos de textura fina, e forte capacidade de troca de cátions.

Observando o diagrama de risco de sódio e salinidade para os poços e cisternas da área de estudo, grande parte das amostras analisadas nas 5 campanhas apresenta risco.

De conformidade com os resultados das análises químicas e os correspondentes limites de classificação, as classes de águas para a irrigação ficaram assim definidas: as águas das cisternas apresentaram risco de sódio baixo para todos os pontos, porém riscos de salinidade médios a alto (Figura 8); as águas dos poços profundos o risco de sódio é baixo, exceto 11% das amostras que apresentaram risco médio. Já o risco de salinidade varia de médio a muito alto, concentrando a 90% dos pontos entre médio e alto (Figura 9).

As águas altamente sódicas apresentam teores nocivos de sódio para a maioria dos solos, exigindo manejo especial, como boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica.

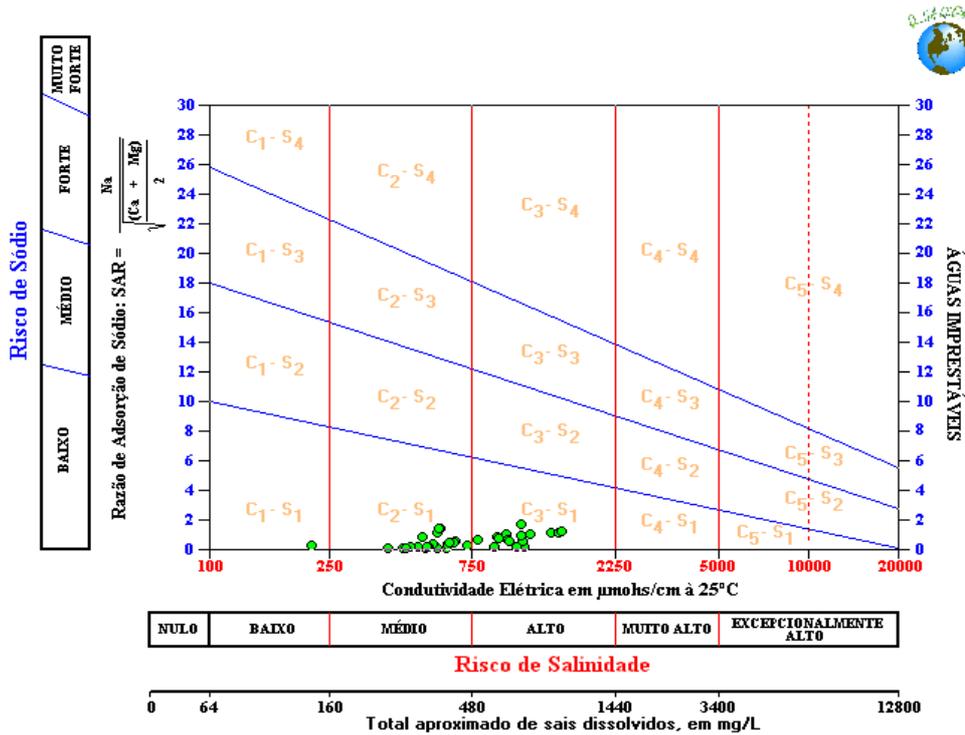


Figura 8: Risco de sódio e risco de salinidade para as cisternas nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia

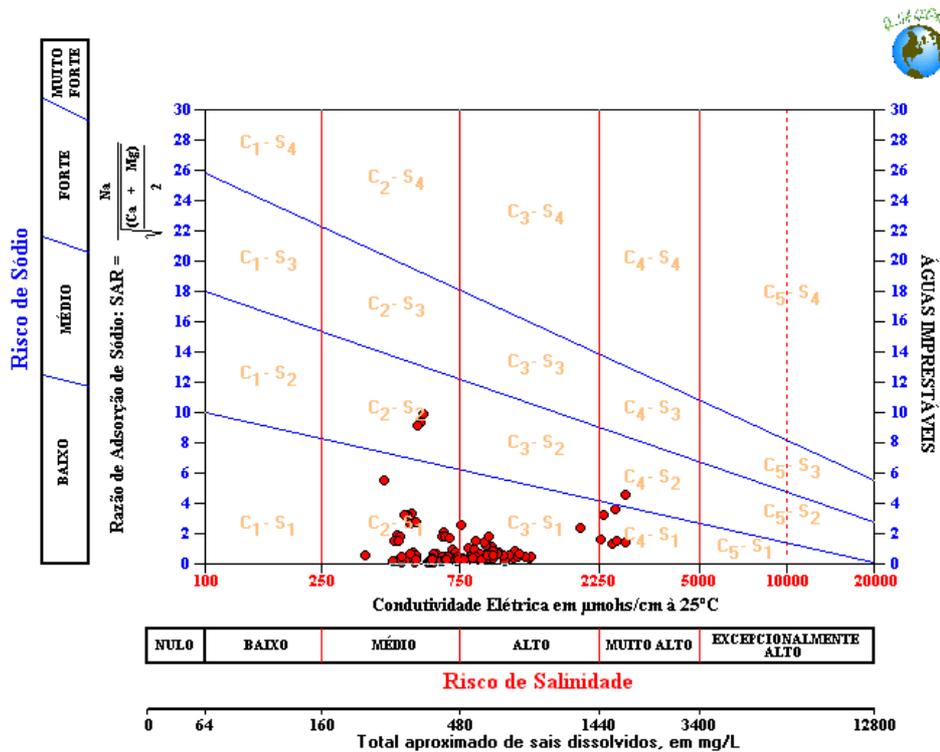


Figura 9: Risco de sódio e risco de salinidade para poços tubulares nos municípios de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do aquífero Bambuí, na região de Jaíba, Varzelândia e Verdelândia, estão sendo afetadas tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo, pelas explorações de água, bem como a sua utilização em irrigações e agropecuária, postas em prática na região.

Com efeito, foi verificada a ocorrência de um abaixamento acentuado da superfície potenciométrica do aquífero Bambuí devido à exploração acentuada de poços que captam águas dos mesmos na região Norte da sub-bacia do Rio Verde Grande. Também, as águas em grande parte da área estão contaminadas por coliformes termotolerantes e apresentam concentrações de metais anômalas que prejudicam a saúde humana, como no caso do flúor no setor noroeste e a presença de chumbo em alguns pontos ao norte.

Quanto ao uso das águas da região na irrigação, de um modo geral não há restrições com relação a sodicidade das águas presentes no aquífero. Algumas restrições são atribuídas às águas do tipo C3S1 que ocorrem na parte Central e Sul da área, haja vista que existem riscos de salinidade de solos e atividades agrícolas.

As águas da área são em geral do tipo $\text{HCO}_3\text{-Ca}^{2+}$, as quais estão associadas a maior facilidade de dissolução de calcários (nível de carste acentuado), observado pela grande presença de dolinamentos na região estudada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, 2004. **Ministério da Saúde - Portaria nº518 de 25 de março de 2004-** Procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília.
- CUSTODIO E, LHAMAS, M., R. 1983. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona. Ed Omega, v.2.
- DIAS, F.S. & BRAGANÇA, J.K. 2004. **Contaminação do manancial subterrâneo por flúor no município de Verdelândia – Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.
- FEITOSA, A.C. & FILHO, J.M. 2000. **Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações** – Fortaleza: CPRM, 2000, 388p.
- FREITAS, A.M., PEREIRA, C., COSTA, D.A. 2008. **Geologia e Hidrogeologia de Jaíba, Verdelândia e Varzelândia, Norte de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Trabalho Geológico de Graduação – IGC – UFMG, 140 p.
- IGAM, 2009. **Dados do SIAM – Banco de dados da Outorga**. Consultado em agosto de 2009.
- MENEGASSE, L.N.; FANTINEL, L.M.; CASTILHO, L.S.; FERREIRA, E.F.; COSTA, W.D.; UHLEIN, A. 2004. **Experiência de investigação da fluorose dentária relacionada ao consumo de água subterrânea em São Francisco, Minas Gerais: aplicação de métodos de geologia médica**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. Cuiabá, 2004b. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.
- RAMOS, M.L.S. & PAIXÃO, M.M.O.M. 2003. **Disponibilidade hídrica de águas subterrâneas – Produtividade de poços e reservas explotáveis dos principais sistemas aquíferos**. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). 41 p.
- RICHARDS, L.A. 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).
- SUDENE, 1984. **Dados climatológicos básicos do nordeste**. 55p. Recife.