

ESTRUTURAÇÃO DE BASE DE DADOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS VOLTADA PARA A GESTÃO DA BACIA DO RIO DA VÁRZEA, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

STRUCTURING OF DATABASE OF GROUNDWATER QUALITY FOCUSED ON THE
MANAGEMENT OF THE RIO DA VÁRZEA BASIN, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

JÉSSICA FORMENTINI

*Mestre em Engenharia Ambiental e Engenharia Sanitarista e Ambiental - Bioma
Engenharia & Consultoria Ambiental, Ibirubá, RS, Brasil. E-mail: bioma.jf@gmail.com*

MALVA ANDREA MANCUSO

*Professora adjunta do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal de Santa Maria,
UFSM - Campus de Frederico Westphalen, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: malvamancuso@ufsm.br*

JOSÉ LUIZ ALBUQUERQUE FILHO

*Geólogo e Pesquisador do Centro de Tecnologias Geoambientais - CTGeo - Instituto de Pesquisas e
Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. São Paulo, SP, Brasil. E-mail: albuzele@ipt.br*

RESUMO ABSTRACT

Este trabalho apresenta a base de dados desenvolvida em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), que foi estruturada com vistas a constituir subsídio para o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos em bacias hidrográficas, no âmbito do Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH). O estudo objetivou a estruturação de uma base de dados georeferenciados e sua aplicação na avaliação da qualidade das águas subterrâneas da Bacia do rio da Várzea, RS, com vistas a subsidiar a gestão da mesma. A metodologia consistiu na obtenção de dados primários provenientes de campanhas de campo em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e no tratamento dos dados secundários do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM. Os resultados obtidos permitiram concluir que a maioria dos poços não possui concentrações acima do Valor Máximo Permitido (VMP) pela Portaria MS 2914/11, com exceção de trinta e cinco poços (35) em desconformidade com os parâmetros de flúor, sódio, sulfatos, cloretos e condutividade elétrica. A estruturação de um banco de dados beneficia o gerenciamento da qualidade das águas subterrâneas no âmbito da bacia hidrográfica, uma vez que possibilita a identificação das regiões que necessitam de monitoramento ou da implantação de algum tipo de tratamento da água distribuída a população.

Palavras-chave: Bacia do Rio da Várzea; Águas subterrâneas; Qualidade da água.

This work presents a database developed in a Geographic Information System (GIS), which was structured to provide subsidy for the management of groundwater resources in hydrographic basins, within the framework of the State System of Water Resources (SERH). The study aimed at structuring a georeferenced data and its application in the evaluation of the groundwater quality of the Rio da Várzea basin, RS, in order to support the management of the same. The methodology consisted in obtaining primary data from field campaigns in partnership with the Brazil Geological Survey (CPRM) and the treatment of secondary data obtained from the CPRM - SIAGAS system. The results obtained allowed to conclude that most wells do not have concentrations above the Maximum allowed value (VMP) by the MS 2914/11, except for thirty-five wells (35) in disconformity with the parameters of fluorine, sodium, sulfates, chlorides and electrical conductivity. The structuring of a database benefits the management of groundwater quality within the watershed, since it allows the identification of the regions that need monitoring or the implementation of some type of water treatment distributed to the population.

Keywords: Varzea River Basin; Groundwater; Water quality.

1 INTRODUÇÃO

A água é o principal elemento para o desenvolvimento da vida, sendo fundamental tanto para a evolução natural quanto para progresso de uma nação. Por muitos anos, não houve nenhum tipo de preocupação quanto ao uso deste recurso devido a sua abundância, porém seu uso irracional levou ao comprometimento da oferta de água com boa qualidade em quantidade suficiente para suprir as necessidades (demandas) de seus usuários, em várias localidades do Brasil, podendo-se citar as recentes crises hídricas nas regiões metropolitanas de São Paulo, de Campinas, dentre outras.

A gestão integrada dos recursos hídricos foi concebida para que os diversos usos da água pudessem ser atendidos sem comprometer o abastecimento com boa qualidade e em quantidade adequada para a atual e para as futuras gerações. Para isso, foi sancionada a Lei Federal nº 9433 (Brasil 1997), que designou a bacia hidrográfica como a unidade físico-territorial para a aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos, por meio do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

No Estado do Rio Grande do Sul, esse modelo de gestão já havia sido proposto anteriormente,

conforme Lei nº 10350 (Rio Grande do Sul 1994), que regulamentou o Artigo 171 da Constituição do Estado (Rio Grande do Sul 1989), e estabeleceu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos (SERH), adotando a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento e gestão de recursos hídricos.

Por meio dessa Lei, definiu-se a água como um recurso natural de disponibilidade limitada, bem de domínio público e dotado de valor econômico. Sua administração foi caracterizada como de gestão descentralizada e pela participação da sociedade na tomada de decisões.

A gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul é realizada com base na divisão territorial constituída por três Regiões Hidrográficas: a do Rio Uruguai, do Rio Guaíba e do Litoral. Essas regiões, por sua vez, estão subdivididas em 25 bacias geográficas (SEMA 2006).

A área do presente estudo está localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente entre as coordenadas geográficas 27°00' a 28°20' de latitude sul e 52°30' a 53°50' de longitude oeste (Figura 1), no âmbito da Região Hidrográfica do Rio Uruguai. Compreende as bacias hidrográficas dos rios da Várzea, Guarita e Ogaratim, com uma área de drenagem de 9.910,49 Km² (Brasil 2008; SEMA 2010).

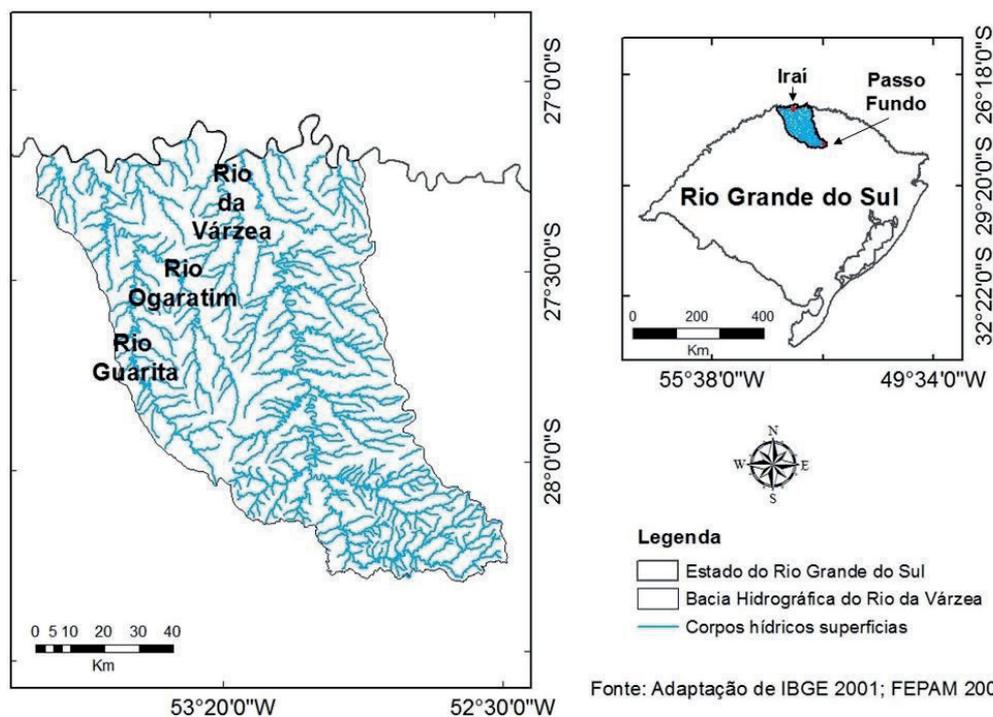


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea

A Bacia Hidrográfica do rio da Várzea abrange parcial ou totalmente cerca de 55 municípios, com uma população estimada em 2010 de 323.924 habitantes (IBGE 2010), os principais usos da água se destinam à irrigação, à dessedentação animal e ao abastecimento humano. As atividades econômicas são predominantemente agrícolas (soja, trigo e milho), bem como avicultura e suinocultura. Além disso, possui aproveitamentos hidrelétricos e, também, comporta atividades de mineração (extração de pedras preciosas e semi-preciosas) (SEMA 2010).

Esta Bacia tem sua gestão feita por meio do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (CBHV), criado por meio do Decreto Estadual nº 43.488 de 08 de dezembro de 2004 (Rio Grande do Sul 2004), que tem como área de atuação todo o território correspondente à bacia hidrográfica, que integra a Região Hidrográfica do Uruguai.

O CBHV redigiu o termo de referência, o qual norteará a elaboração de planos de trabalho para execução do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea, nos termos das Resoluções do CNRH nº 17/2001 (CNRH 2001) e CNRH nº 91/2008 (CNRH 2008). Essas resoluções, dizem respeito, respectivamente, às diretrizes complementares para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas e aos procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos (CBHV 2014).

Com intuito de apoiar a gestão dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, aplicam-se tecnologias de geoinformação como ferramenta para avaliação integrada dos distintos aspectos de uma bacia hidrográfica, que possibilitem a caracterização desta quanto as suas potencialidades e vulnerabilidades, e principalmente, que considerem o uso do solo e os múltiplos usos da água.

A utilização de tecnologias de geoinformação na gestão dos recursos hídricos traz a possibilidade de aquisição de dados georreferenciados, bem como a sua manipulação e análise, para o desenvolvimento de mapas temáticos e de sistemas de apoio à tomada de decisão.

Essa tecnologia integra operações convencionais de bases de dados, tais como: captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, com possibilidade de seleção, busca de informações e análise estatística, aliadas à possibilidade de visualização e análise espacial/espaço-temporal na forma de mapas temáticos estáticos ou dinâmicos (Beser de Deus et al. 2011).

Assim sendo, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de estruturar uma base de dados espaciais, demonstrar seu potencial de aplicação na avaliação da qualidade das águas subterrâneas da bacia do rio da Várzea, RS, e fornecer subsídio para sua gestão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Estruturação de Bases de Dados

2.1.1 Elaboração de banco de dados secundários

O levantamento dos dados secundários foi realizado por meio de consulta a bibliografias e sítios eletrônicos do governo Brasileiro (Quadro 1) e com dados bibliográficos de estudos anteriormente realizados na região de interesse, tais como: Machado e Freitas (2005), Freitas et al. (2011), CPRM (2005), Mancuso et al. (2013), Schroeder (2014), Mancuso et al. (2014), Ecoplan (2007).

Quadro 1. Especificações dos dados levantados para alimentação do SIG

Dado	Especificação - (formato)	Fonte
Geodiversidade	Geologia/Estrutura 1: 750.000 - (.shp)*	GEOBANK, CPRM, 2002
Hidrogeologia e produtividade de aquíferos	Hidrogeologia, produtividade dos aquíferos- (.shp)	GEOBANK, CPRM, 2002
Recursos Hídricos	Drenagens 1: 250.000 - (.shp)	FEPAM, 2005
Unidade de Paisagem Natural x Bacia Hidrográfica	Delimitação das Bacias Hidrográficas do RS - (.shp)	FEPAM, 2005
Divisão Municipal do RS	Malha Municipal Digital - 2001 1: 2.500.000 - (.shp)	IBGE, 2001

*shp: *shapefile* (formato do arquivo digital)

Estes dados foram complementados, com dados provenientes do SIAGAS, onde foram obtidos os dados dos poços tubulares cadastrados nos 55 municípios que pertencem parcial ou totalmente à Bacia do Rio da Várzea. A partir de algoritmos específicos de consulta no âmbito do programa *Access*, arcabouço do banco de dados do programa SIAGAS, foram geradas consultas gerais para cada um dos municípios, cujos resultados fornecem, além das características construtivas e quantitativas dos poços, as concentrações de íons, de acordo com as análises realizadas para o universo de poços dos municípios da bacia. O resultado das consultas permitiu a confecção de uma tabela única em *Excel* com as informações gerais dos poços e os parâmetros químicos selecionados. Posteriormente, esses dados foram convertidos em arquivos tipo *shapefile* e espacializados no âmbito do *software ArcGIS* versão 10.2.1 (ESRI 2013).

Com isso, foi gerado um banco de dados secundário com informação de 916 poços tubulares, os quais localizam-se dentro dos limites da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea. Destes, aproximadamente 400 poços possuíam dados de análise química da água completa ou parcial.

2.1.2 Coleta de dados primários e análises laboratoriais para obtenção e complementação de parâmetros e informações necessárias

Os dados secundários, inicialmente obtidos no SIAGAS, foram complementados com informações produzidas por meio de três campanhas de campo executadas em 2013, no âmbito do Projeto CNPq/VALE n° 05/2012-Forma-Engenharia, relativo à capacitação laboratorial em escolas de engenharia e que foi desenvolvido no período 2012–2014. Os trabalhos contaram com auxílio do Projeto SIAGAS do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). As atividades de campo foram desenvolvidas no âmbito do projeto SIAGAS da CPRM, divididas em três etapas de 10 dias cada uma.

Nessa oportunidade, foi avaliada a qualidade das águas subterrâneas por meio de 103 poços, nos quais foram executadas duas campanhas, quais foram: realizada pela CPRM (Figura 2a) e a outra, entre os anos de 2014 e 2015, a partir de coleta e análises químicas realizadas pelo Laboratório de Recursos Hídricos (LARH) na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Frederico Westphalen (FW) (Figura 2b).



Figura 2. Execução de campanha de campo da CPRM (2014) [a] e análise química sendo efetuada no LARH (UFSM/FW) – 2014/2015 [b].

2.1.3 Sistematização de dados e inserção da base de dados em ambiente de SIG

A partir das informações coletadas no SIAGAS e nos resultados das análises químicas das águas subterrâneas realizadas no Laboratório de

Recursos Hídricos (LARH), os dados obtidos foram sistematizados em *software Excel* e transferidos ao banco de dados organizado em SIG, *software ArcGis* versão 10.2.1 (ESRI 2013).

2.2 Análise de conformidade da qualidade das águas nos poços

2.2.1 Definição de parâmetros de qualidade das águas

Os parâmetros químicos considerados neste estudo foram: Na^+ , Ca^{+2} , So_4^{-2} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^- , Mg^+ , K^+ , Condutividade Elétrica (CE) e pH, sendo estes dois últimos provenientes do estudo realizado por Schroeder (2014). De forma complementar, foi realizada a determinação de íons ausentes nas análises químicas por meio do método da diferença, o qual é baseado na diferença entre a soma dos ânions e dos cátions, dependendo do elemento a ser calculado (Filho et al. 2002).

2.2.2 Identificação de parâmetros em desconformidade

A identificação dos parâmetros químicos em desconformidade foi avaliada segundo a Porta-

ria do Ministério da Saúde nº 2914 (Brasil, 2011), a qual dispõe dos Valores Máximos Permitidos (VMP) requeridos para que sejam atendidos os padrões de potabilidade da água subterrânea para consumo humano.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Banco de dados

As figuras 3 e 4 apresentam o layout do Banco de Dados, em ambiente SIG, e exemplificam a consulta dos dados de qualidade da água subterrânea dentro do sistema.

O banco de dados (Quadro 2) contém informações específicas que poderão ser posteriormente utilizadas pelo Comitê de Bacia do Rio da Várzea como subsídio à gestão dos recursos hídricos.

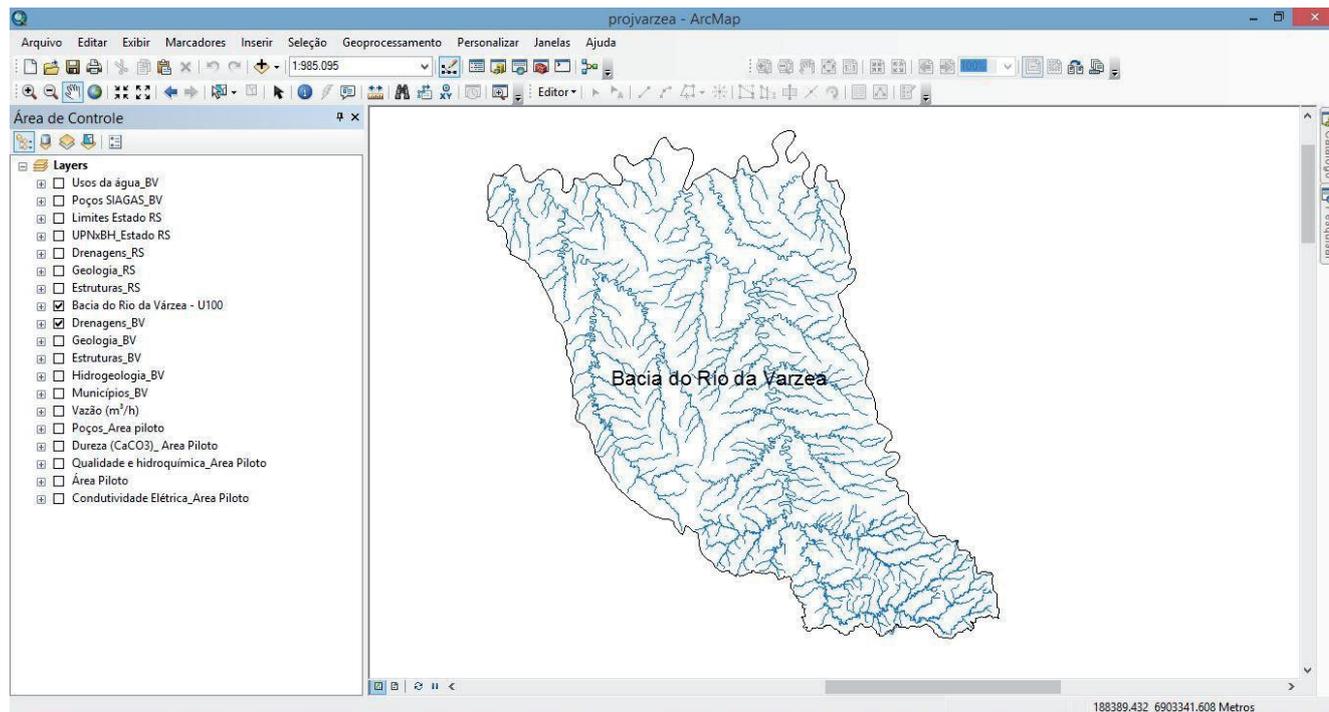


Figura 3. Layout do Banco de Dados em ambiente SIG

FID	Shape *	nome	muni	utm	utm	na	k	ca	mg	cl	co3	hco	so4	ce
0	Ponto	JC 716	Cristal do Sul	28032	696313	4	0	20.558112	6.232977	2.127	0	46.64	42.747358	160
1	Ponto	JC 765	Rodeio Bonito	28524	695847	11.8	0	19.223845	5.828064	1.418	0	72.16	35.06244	135
2	Ponto	JÁ 983	Rodeio Bonito	28530	695645	13	0	9.611922	2.91464	1.7725	0	62.48	16.129032	120
3	Ponto	JC 711	Cristal do Sul	27826	696106	14	0	12.814563	3.884971	2.836	0	89.76	0.960615	220
4	Ponto	JC 725	Cristal do Sul	27628	696051	16.4	0	5.339068	1.618434	1.418	0	80.96	4.516129	250
5	Ponto	JC 749	Rodeio Bonito	28900	696332	19.8	0	6.407281	1.943093	1.418	0	63.36	3.064516	127
6	Ponto	JÁ 991	Cristal do Sul	27823	695826	20	0	16.019204	4.856518	1.418	0	87.12	28.818444	307
7	Ponto	JP 137	Frederico Westphalen	26558	698114	21.4	0	12.280456	3.723249	2.127	0	89.76	3.709677	187
8	Ponto	JC 723	Cristal do Sul	27429	696130	22.5	0	8.543709	2.589981	1.7725	0	72.16	5.483871	224
9	Ponto	JC 737	Ametista do Sul	29014	696968	34.4	0	2.670534	0.809825	1.06	0	88	31.290322	275
10	Ponto	JC 696	Taquaruçu do Sul	25915	696832	44	0	17.087417	5.179961	1.418	95.04	52.8	1.935484	444
11	Ponto	JC 699	Taquaruçu do Sul	25829	696465	48	0	6.407281	1.943093	1.7725	3.52	100.32	4.677419	370
12	Ponto	JC 762	Rodeio Bonito	28927	696092	61.6	0	1.60232	0.485165	1.42	0	104.72	49.951969	141
13	Ponto	JC 757	Rodeio Bonito	27922	695771	67.5	0	2.670534	0.809825	2.13	0	140.8	8.387096	281
14	Ponto	JC 740	Ametista do Sul	28297	696919	72	0	22.960592	6.961333	1.0635	77.44	103.84	6.612903	782
15	Ponto	JC 730	Ametista do Sul	28163	697113	93.5	0	1.60232	0.485165	1.418	108.24	0	2.82	781
16	Ponto	JC 708	Taquaruçu do Sul	25899	697060	103.5	0	4.804961	1.456712	1.418	49.28	73.92	94.620557	397
17	Ponto	JÁ 987	Rodeio Bonito	28266	696351	113	0	4.538908	1.376459	2.13	109.12	19.36	17.096774	165
18	Ponto	JC 742	Ametista do Sul	28202	697088	144.2	0	0	0	2.127	162.8	3.08	16.854838	497
19	Ponto	JC 728	Ametista do Sul	27891	697157	0	0	5.607121	1.699903	11.344	0	0	0	1800
20	Ponto	JC 720	Cristal do Sul	27436	696433	24.8	0	12.014403	3.642996	2.127	0	116.16	0.725806	294
21	Ponto	JC 721	Cristal do Sul	27442	696429	17.965517	0	5.073015	1.538181	2.836	8.8	44.88	2.532258	272
22	Ponto	4795/ASK1	Ametista do Sul	27891	697112	122	0	1	0	12	66	89	73.3	578

Figura 4. Exemplo de consulta dos dados de qualidade da água subterrânea, dentro do Banco de Dados, em ambiente SIG

Quadro 2. Estrutura do banco de dados de águas subterrâneas da Bacia do Rio da Várzea

Dados	Formato ³
Perímetro da Bacia do Rio da Várzea	.shp
Delimitação dos municípios pertencentes à Bacia do Rio da Várzea	.shp
Hidrografia da bacia	.shp
Mapa estrutural da bacia	.shp
Geologia da bacia	.shp
Hidrogeologia da bacia	.shp
Poços cadastrados no SIAGAS ¹	.shp
Capacidade específica dos poços	.shp
Classificação dos usos das águas subterrâneas ²	.shp
Classificação das águas subterrâneas conforme Portaria MS 2914/11	.shp

¹Dados obtidos por meio de acesso ao SIAGAS (2014); ²Dados obtidos por meio do tratamento daqueles pesquisados no site do IBGE (2010); ³.shp: Shapefile; .xls: Excel.

3.2 Qualidade das águas subterrâneas

Em observância à Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 (Brasil 2011), constata-se que 35 poços do universo amostrado (total de 503), apresentaram desconformidade em um ou mais parâmetros químicos avaliados, conforme apresentado na tabela 1 e figura 5.

O íon fluoreto (F⁻) apresentou teor maior do que 1,5 mg/L (Valor Máximo Permitido - VMP pela legislação vigente), em 33 poços na porção norte da bacia. Ressaltam-se os teores encontrados em três dos poços: 10,6 mg/L em Frederico

Westphalen (poço nº 6100/FDW1), 7,5 mg/L em Vicente Dutra (poço nº 4300002486) e 22,0 mg/L em Iraí (poço nº 4300023593).

O íon sulfato (SO₄⁻) apresentou teores superiores a 250 mg/L (VMP) em seis poços, sendo estes: nº 4300022777 em Pinheirinho do Vale (357 mg/L), nº 4300022773 em Vista Alegre (251 mg/L), nº 4300017432 em Rondinha (320 mg/L), nº 4300023372 em Barra do Guarita (937 mg/L), nº 4300020514 (549,0 mg/L) e nº 4300002486 (575,0 mg/L) em Vicente Dutra.

Os poços nº 4300020514 e nº 4300002486 localizados em Vicente Dutra, além de apresenta-

rem alto teor de sulfatos, apresentaram teores do íon cloreto (Cl⁻) de 550 mg/L (VMP 250 mg/L) e sódio (Na⁺) de 357,0 mg/L (VMP 200mg/L), respectivamente. Além disto, o poço n^o 4300002486 apresentou, ainda, teor de STD de 1244,8 mg/L (VPM 1000,0 mg/L).

Destaca-se o poço n^o 4300023372 localizado em Barra do Guarita, que além de apresentar teor de sulfatos de 937 mg/L (VMP 250 mg/L), apresentou teores significativos de sódio 771,0 mg/L (VMP 200 mg/L), cloretos 901 mg/L (VMP 250 mg/L), flúor 1,6 mg/L (VMP 1,5 mg/L), STD

3040,7 mg/L (VMP 1000 mg/L) e dureza 945 mg/L (VMP 500 mg/L). Todas essas concentrações se encontram acima do permitido pela legislação vigente. Esse poço foi perfurado em solo argiloso vermelho amarronzado de 0 a 5 m, seguido de basalto dos 5 aos 243 m (profundidade final). A água apresentou temperatura de 25,4 °C e pH 9,4. Este poço pertence à Prefeitura Municipal e foi perfurado com finalidade de abastecimento urbano, não havendo informações quanto à situação atual de uso.

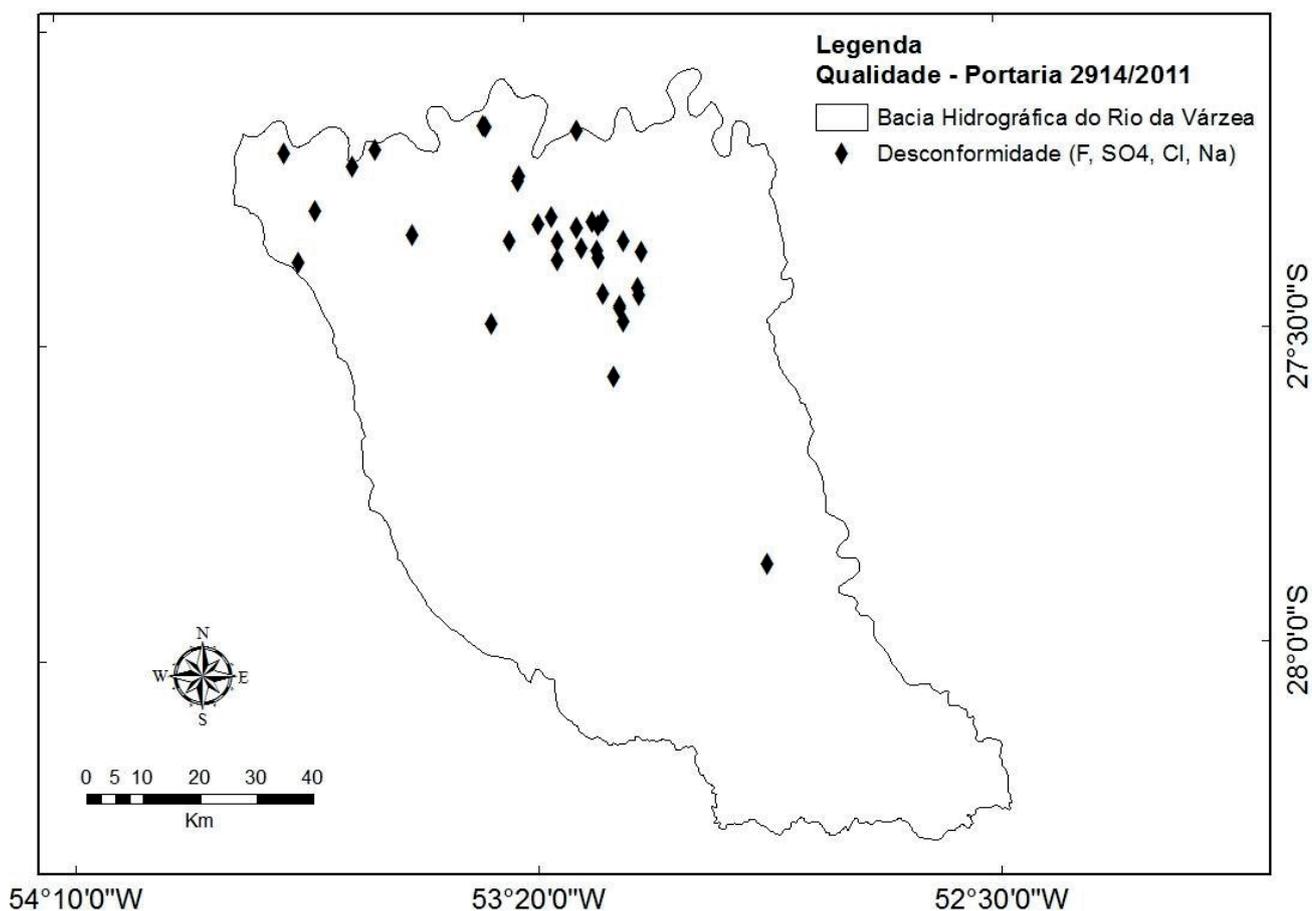


Figura 5. Poços amostrados que apresentaram desconformidade em um ou mais parâmetros químicos avaliados em relação à Portaria n^o 2914/11 do Ministério da Saúde

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água dos poços amostrados comparados com a legislação vigente

Poço	²³ Na ⁺ 200 mg/L	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Cl ⁻ 250 mg/L	CO ⁻ 3	HCO ⁻ 3	SO ⁻ 250 mg/L	CE	pH	F ⁻ 1,5 mg/L	Dureza 500 mg/L	⁶ STD 1000 mg/L
4300015409	117,00	NA	1,00	0,29	13,00	0,00	4,00	104,00	⁵ NA	10,00	4,66	3,70	⁵ NC
4300021940	79,00	NA	6,20	0,49	3,29	0,00	68,00	5,60	505,00	9,50	1,70	17,00	328,30
1JC 731	5,25	NA	0,19	0,09	0,08	2,23	3,00	0,83	276,00	9,70	2,80	14,00	179,40
5222/ABN2	43,00	31,00	52,70	7,20	2,00	0,40	NA	75,00	337,00	9,60	3,43	5,90	219,10
JC 741	3,13	NA	0,11	0,05	0,04	3,75	5,86	0,25	286,00	9,40	2,90	8,00	185,90
4300021943	74,00	NA	5,00	2,00	2,67	0,00	70,00	16,60	343,00	9,40	2,90	NA	223,00
JC 730	4,07	NA	0,08	0,04	0,04	3,61	NA	0,06	781,00	10,20	2,98	6,00	507,70
JC 732	6,18	NA	0,16	0,08	0,08	1,94	0,14	1,29	400,00	10,50	7,10	12,00	260,00
4300021931	122,00	NA	1,00	NA	12,00	0,00	89,00	73,30	578,00	9,50	2,40	2,00	375,70
4300015414	68,00	NA	0,30	0,20	NA	0,00	139,00	3,90	358,00	9,40	1,59	1,80	232,70
6126/TDA1	68,00	99,00	5,60	3,29	6,20	0,49	NA	79,00	505,00	9,40	4,60	8,80	328,30
4300023372	771,00	0,00	369,00	6,00	901,00	0,00	2,00	937,00	4678,00	9,40	1,60	945,00	3040,70
4300021356	66,00	20,00	1,80	0,97	0,87	0,00	100,00	6,30	271,00	8,20	4,60	8,80	176,20
4300021363	192,00	0,40	32,10	0,20	89,00	0,00	4,90	114,50	1045,00	9,50	1,60	80,00	679,30
3117/PUA 2	43,03	59,95	9,49	4,99	NA	0,90	0,50	82,00	326,00	9,80	4,80	3,00	211,90
4300021360	63,00	0,30	2,00	0,20	NA	0,00	76,90	3,30	253,00	9,30	2,40	5,00	164,50
6100/FDW1	49,00	39,00	94,00	113,00	38,00	2,00	NA	120,00	703,13	7,60	10,60	103,00	457,00
4300021358	73,00	NA	4,60	1,60	5,84	0,00	43,00	37,80	338,00	9,50	2,90	19,00	219,70
4300023593	NA	NA	4,50	11,40	194,00	0,00	232,00	224,00	NA	8,30	22,00	9,00	NC
4300023670	109,00	NA	0,80	0,50	4,00	56,40	115,90	33,40	469,00	9,30	2,20	2,00	304,90
4300023419	34,00	0,10	5,00	0,70	1,00	26,00	51,00	NA	197,00	9,40	1,70	15,00	128,10
4300022777	NA	NA	80,00	2,00	31,00	13,00	33,00	357,00	932,00	9,10	1,30	206,00	605,80
4300021834	62,00	0,70	3,00	0,90	2,00	0,00	108,00	8,20	301,00	9,60	3,90	12,00	195,70
JA 986	4,44	NA	0,37	0,19	0,04	2,14	0,64	0,20	225,00	7,00	2,26	28,00	146,30
4300021850	81,00	0,30	1,00	0,10	11,00	53,00	93,00	16,00	431,00	9,90	3,60	3,00	280,20
JC 743	2,61	NA	0,40	0,20	0,04	0,00	NA	NA	205,00	9,50	3,05	30,00	133,30
JC 768	2,61	NA	0,21	0,11	0,04	0,00	NA	0,12	189,00	9,70	1,90	16,00	122,90
JA 987	4,92	NA	0,23	0,11	0,06	3,64	0,32	0,36	165,00	7,90	1,74	17,00	107,30
4300017432	65,85	0,34	5,39	0,23	4,03	0,00	NA	320,00	406,00	8,90	0,21	9,00	263,90
4300023475	167,00	NA	1,00	0,22	NA	71,00	89,00	130,00	NA	9,60	5,40	3,50	NC
4300023487	64,00	NA	4,20	3,10	0,72	51,00	11,00	38,40	366,00	8,60	1,80	23,00	237,90
4300020514	NA	NA	86,50	10,70	550,00	0,00	116,00	549,00	NA	7,80	2,60	253,00	NC
430002486	357,00	0,60	60,00	1,00	7,00	13,00	13,00	575,00	1915,00	9,40	7,50	157,00	1244,80
4300022773	40,00	NA	12,00	6,00	NA	0,00	73,00	251,00	635,00	7,50	0,60	53,00	412,80
4300023477	78,00	NA	3,00	1,00	NA	50,00	96,00	18,00	374,00	9,50	2,10	12,00	243,10

¹Poços com as análises realizadas no LARH/FW e valores de CE e pH obtidos por Schroeder (2014);

²AM: Ametista do Sul; BG: Barra do Guarita; FW: Frederico Westphalen; IR: Irai; NT: Novo Tiradentes; PV: Pinheirinho do Vale; RB: Rodeio Bonito; RO: Rondinha; SB: Seberi; TP: Tenente Portela; VD: Vicente Dutra; VA: Vista Alegre; VG: Vista Gaúcha;

³Sódio (mg/L Na⁺), potássio (mg/L K⁺), cálcio (mg/L Ca⁺), clorretos (mg/L Cl⁻), carbonatos (mg/L CO₃⁻), bicarbonatos (mg/L HCO₃⁻), sulfatos (mg/L SO₄⁻), fluoretos (mg/L F⁻), condutividade elétrica (µS/cm CE), pH, dureza total (mg/L CaCO₃), sólidos totais dissolvidos (mg/L STD);

⁴Teores em negrito estão acima do VMP pela legislação (Brasil 2011);

⁵NA: Não avaliado; NC: não calculado;

⁶STD: calculados por meio do software Qualigraf v.1.17 (FUNCEME 2014)

4 CONCLUSÕES

A base de dados elaborada a partir deste estudo é uma ferramenta que possibilita a identificação de regiões onde se faz necessário o monitoramento da água subterrânea e a sua correta gestão.

Este banco de dados pode ser replicado para o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos em estudos regionais ou semi regionais, como é o caso de outras bacias hidrográficas do Estado e, com a inclusão de dados quantitativos e de uso das águas, possibilitará:

- o detalhamento de zonas com maior potencialidade hídrica subterrânea (produtividade);
- o zoneamento detalhado das características hidroquímicas das águas subterrâneas identificando zonas potenciais para abastecimento público e zonas com necessidades específicas de tratamento (conforme o íon);
- a utilização dos resultados e, principalmente, do banco de dados em SIG, como ponto de partida no desenvolvimento dos estudos de águas subterrâneas em planos de bacia hidrográfica.

A estruturação do banco de dados gerada por meio deste estudo serve de ponto de partida para todo e qualquer sistema de informação que venha a ser desenvolvido no processo de gestão da Bacia do Rio da Várzea. O banco de dados permitiu a reunião, organização, análise e difusão de informações das águas subterrâneas da bacia possibilitando apoio à tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – FIPT por ter proporcionado a Bolsa de Iniciação Tecnológica (Chamada 06/2014) e, também, à Universidade Federal de Santa Maria - UFSM Campus de Frederico Westphalen, pela colaboração realizada por meio do Laboratório de Recursos Hídricos – UFSM/FW e ao Serviço Geológico do Brasil – CPRM/SUREG- PA, pelo apoio ao estudo.

REFERÊNCIAS

ABAS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 2014. Educação.

Beser De Deus L. A. et al. 2011. A utilização de sistema de informação geográfica como suporte ao gerenciamento de Bacias Hidrográficas Transfronteiriças – SIG GEOAMAZONAS. Revista Geográfica de América. Número especial EGAL, 2011. Costa Rica. 17 p.

Brasil 1997. Lei Nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 17p.

Brasil 2008. Resolução Conama nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, 64-68p.

Brasil 2011. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 34p.

CBHV - COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA VÁRZEA 2010. Comitê Várzea.

CBHV - COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DA VÁRZEA 2014. Termo de Referência. 2014.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2001. Resolução n. 17 de 29 de maio de 2001.

CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2008. Resolução n. 91 de 05 de novembro de 2008. Dispõe sobre os procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL 2002. Banco de dados: GEOBANK.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL 2015. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS.

Conte B. et al. 2013. Análise espaço temporal do uso do solo de parte da Bacia Hidrográfica do Rio

- da Várzea nos anos de 1985, 1996 e 2010, RS, Brasil. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.9, n.16, 215 p.
- Ecoplan 2007. Relatório Síntese da Fase A – RSA. Diagnóstico e Prognóstico Hídrico das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul. Junho/2007.
- Esri 2014. ArcGIS for Server, v.10.
- FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER 2013. Biblioteca digital: base cartográfica digital do RS 1: 250.000. 2005.
- FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Qualigraf v.1.17. 2014.
- Filho W. D. C et al. 2002. Complementação de análises físico-químicas para a utilização em estudos hidroquímicos. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis.
- IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2001. Mapeamento das unidades territoriais: Malha Municipal Digital do Brasil.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA 2010. Resultados Preliminares do Universo do Censo Demográfico 2010 – CENSO 2010.
- MACHADO J. L. F, FREITAS A. M. de. 2005. Projeto Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre: CPRM. 65p.
- Rio Grande do Sul 1994. Lei Estadual n.º 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul – RS.
- Rio Grande do Sul 2004. Decreto n.º 43.488, de 08 de dezembro de 2004. Institui o Comitê de Gerenciamento da Bacia do Rio da Várzea. Assembléia Legislativa do Rio Grande do Sul – RS.
- SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE 2010. Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea.
- SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE 2006. Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.
- SCHROEDER J. K. 2014. Avaliação da ocorrência do íon fluoreto em águas do Aquífero Serra Geral utilizadas para o abastecimento público na região noroeste do Rio Grande do Sul, 2014. 75p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental e Sanitária) Universidade Federal de Santa Maria.