

CARACTERIZAÇÃO DE HIPOTERMALISMO NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Malva Andrea Mancuso¹; Jéssica Formentini² & Juliane Sapper Griebeler²

Resumo – O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar dados geotérmicos das águas subterrâneas de 273 poços localizados na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, perfurados no Sistema Aquífero Serra Geral e utilizados para abastecimento público ou múltiplo. Os dados analisados foram: coordenadas, temperatura, profundidade da perfuração e condutividade elétrica. Foram observadas incidências de hipotermalismo em 31 poços localizados nos municípios de Vicente Dutra, Iraí, Caiçara e Alpestre, mas apenas 11 poços apresentaram águas com temperaturas entre 27° e 32°C (máxima observada em Alpestre). O município de Tenente Portela apresentou as médias mais elevadas, de 30°C. Liberato Salzano e Palmeira das Missões também indicaram incidência de temperaturas elevadas em poços de abastecimento, mas com médias inferiores, de 25,3°C e 26,1°C respectivamente. Em relação à Condutividade Elétrica, além de Alpestre (1235 µS/cm), os municípios de Caiçara (1483 µS/cm) e Vicente Dutra (730 µS/cm), apresentaram águas classificadas como salobras. Entretanto, não foi constatada correlação significativa entre a temperatura constante nos registros e: a profundidade dos poços, a cota de base dos mesmos ou a Condutividade Elétrica.

Abstract – The aim of this study was to identify and analyze groundwater geothermal data of 273 wells located in Northwest of Rio Grande do Sul, drilled in the Serra Geral Aquifer System and used for public supply or multiple uses. The data analyzed were: coordinates, temperature, depth of drilling and electrical conductivity. Hipotermalismo incidences were observed in 31 wells located in Vicente Dutra, Iraí, Caiçara and Alpestre counties, but only 11 wells had water with temperatures between 27°C and 32°C (the maximum was observed in Alpestre). Tenente Portela County had the highest average of 30°C. Liberato Salzano and Palmeira das Missões also indicated incidence of

¹ Universidade Federal de Santa Maria: Professora Adjunto do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, malvamancuso@ufsm.br ;

² Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW) e bolsista do Programa FIPT Chamada 06/2014. Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, jeformentitini@yahoo.com.br ;

² Universidade Federal de Santa Maria: Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UFSM/FW). Linha 7 de Setembro, s/n - BR 386 Km 40, CEP 98400-000 - Frederico Westphalen - RS, (55) 3744-8964, jujubasg@hotmail.com;

elevated temperatures in the water supply wells, but with lower averages of 25.3°C and 26.1°C respectively. Regarding Electrical Conductivity Alpestre (1235 mS/cm), Caiçara (1483 mS/cm) and Vicente Dutra counties (730 mS/cm), had waters classified as brackish. However, there was no significant correlation between the temperature and: the well depth, the base level of the drilling or the Electrical Conductivity.

Palavras-Chave – Termalismo, SASG, Águas subterrâneas.

1- INTRODUÇÃO

Entre os aquíferos com potencialidade para abastecimento na área de fronteira do noroeste do Rio Grande do Sul, destacam-se dois sistemas importantes: o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), com porosidade por fraturas e com alta a baixa possibilidade para águas subterrâneas e, subjacente ao mesmo, o Sistema Aquífero Guarani (SAG), com porosidade intergranular e com alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas e sedimentos (CPRM, 2005).

O Sistema Aquífero Serra Geral (SAGS) atende boa parte da água de consumo público da região meridional do Estado. Esta unidade hidroestratigráfica, corresponde ao teto do conjunto litológico intergranular que compõe o Sistema Aquífero Guarani (SAG), possuindo importância, nessa região, pelo seu caráter confinante em relação ao aquífero de origem sedimentar e pelo seu potencial hídrico (Machado, 2005). Em São Paulo, estudos regionais identificaram a influência da conectividade entre aquíferos sedimentares e fraturados nas capacidades específicas dos poços utilizados para abastecimento (Mancuso e Campos, 2005). Segundo Bittencourt et al. (2003) o Sistema Aquífero Serra Geral, sobreposto ao Sistema Aquífero Guarani, comporta o maior número de poços perfurados, sendo esta a principal fonte de abastecimento por águas subterrâneas dos municípios do Sul do Brasil, área de ocorrência da Bacia Sedimentar do Paraná. Nesta bacia, a presença de águas termais está relacionada ao seu grau geotérmico natural e à profundidade em que ocorre a exploração da água subterrânea, segundo OEA (2009).

No oeste do estado RS, Freitas et al. (2011) desenvolveram estudos geoquímicos. Os autores analisaram águas provindas de poços tubulares jorrantes e fontes naturais da Região do Alto Rio Uruguai, observando que as temperaturas das águas subterrâneas variavam de 30 à 38°C. com base nessas análises e nas temperaturas das águas, concluíram que as águas termais existentes na região do Alto Rio Uruguai são provenientes da interconexão hidráulica entre o aquífero fraturado da Formação Serra Geral e o Sistema Aquífero Guarani.

De acordo com o Código das Águas Minerais, Decreto-Lei nº 7841 de 1945 (BRASIL, 1945), as fontes termais são classificadas em cinco classes quanto a sua temperatura, são estas: fontes frias ($T < 25^{\circ}\text{C}$), fontes hipotermais (entre 25°C e 33°C), fontes mesotermais (entre 33°C e 36°C), fontes isotermas (entre 36°C e 38°C) e fontes hipertermais (acima de 38°C).

O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar dados geotérmicos das águas subterrâneas de 273 poços localizados na região noroeste/NW do Estado do Rio Grande do Sul, perfurados no Sistema Aquífero Serra Geral e utilizados para abastecimento público ou múltiplo.

2- METODOLOGIA

Para identificação das fontes termais situadas a noroeste do estado do Rio Grande do Sul, (Figura 1), foram avaliados e compilados dados hidrogeológicos de 21 municípios, a partir da análise de 273 poços que exploram águas do Sistema Aquífero Serra Geral – SASG. As informações foram compiladas e disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, no banco de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. A seleção dos municípios foi realizada com base na área de abrangência, em 2013, da 19ª Coordenadoria Regional de Saúde (CRS) do Rio Grande do Sul, que controla em conjunto com as Vigilâncias Sanitárias Municipais, a qualidade das águas subterrâneas utilizadas para abastecimento público e usos múltiplos da região selecionada para este estudo.

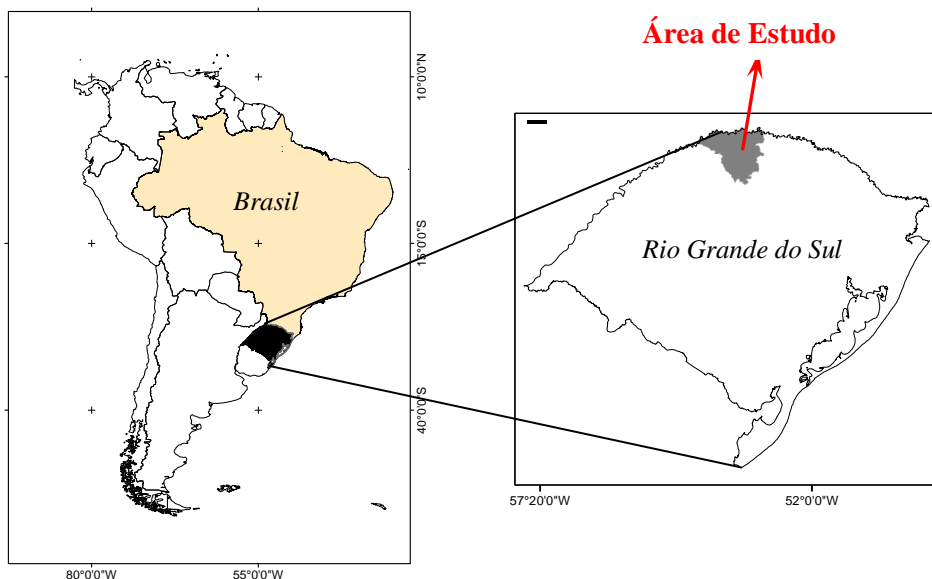


Figura 1. Localização da área de estudo
Fonte: FEPAM, 2005.

O acesso à base de dados do SIAGAS permitiu a coleta dos seguintes dados hidrogeológicos: coordenadas (UTM-E, UTM-N), nome do poço (de acordo com o cadastro da CPRM), temperatura

(T), profundidade da perfuração e Condutividade Elétrica (CE). Posteriormente, os dados foram especializados para facilitar a análise, por meio do *software ArcGIS 10* (ESRI, 2014).

Para a espacialização dos dados foi utilizado o arquivo dos municípios do Rio Grande do Sul, disponível na Biblioteca Digital da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS - FEPAM (FEPAM, 2005).

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de dados de temperatura de 273 poços, disponíveis no SIAGAS (CPRM, acesso em 2014) foi possível observar que os poços localizados na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul apresentaram temperaturas que classificam as águas subterrâneas em: fontes frias ($T < 25^{\circ}\text{C}$) (242 poços) e fontes hipotermiais (entre 25°C e 33°C) (31 poços) (Figura 2).

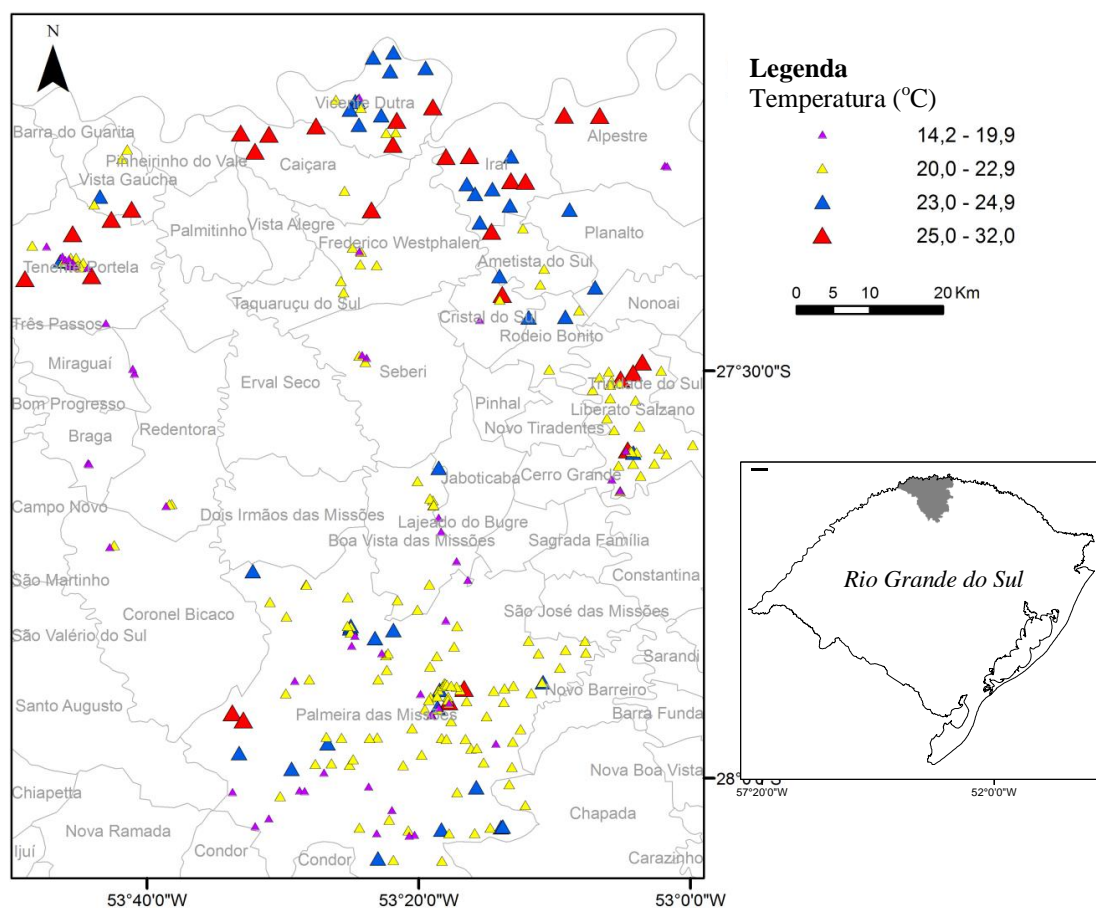


Figura 2. Temperatura da água subterrânea de poços de abastecimento localizados a NW do estado do RS

Podem ser observado que as temperaturas mais elevadas estão localizadas, em sua maioria, próximas ao Rio Uruguai e no sentido SE-NW, principalmente ao longo dos municípios de Tenente Portela, Palmeira das Missões, Caiçara, Vicente Dutra, Iraí, Alpestre, Ametista do Sul, Cristal do

Sul, Vista Gaúcha e Liberato Salzano (31 poços). Apenas 11 poços apresentaram águas com temperaturas entre 27° e 32°C (Tabela 1).

Tabela 1. Poços de abastecimento público com características hipotermiais (entre 25°C e 33°C) localizados no Sistema Aquífero Serra Geral, na região NW do estado do RS

Nome (CPRM)	Cota Topográfica (m)	UTM-E	UTM-N	Profundidade (m)	Q (m ³ /h)	Temperatura (°C)	Surgência
JA982	210	286573	6991165	137,0		32,0	
IQ908	203	215098	6967222	112,0	16,1	31,3	N
IQ907	410	221500	6967605	200,0		31,2	
IQ904	402	229591	6968199			30,0	
IQ905	453	227159	6973852	48,0		29,8	
JQ022	560	273995	6911075	90,0	17,6	28,0	N
IQ906	491	231812	6975895	134,0		27,5	
JA961	241	275150	6985426	172,0	16,9	27,0	N
JA968	261	280249	6982131	96,0		27,0	
JA969	283	282005	6982079	234,0	3,7	27,0	N
JQ542	186	250719	6987886	146,0	9,9	27,0	N
JQ546	182	256436	6989136	220,0		27,0	
JQ004	629	275825	6912940	102,0	15,0	26,1	N
IQ842	392	296616	6957716	80,0	18,8	26,0	N
JA962	209	272308	6985244	102,0	6,6	26,0	N
JA971	312	278009	6975197	220,0	1,1	26,0	S
JA989	267	279470	6966632	174,0	7,9	26,0	N
JQ487	259	234256	6977326	174,0	8,3	26,0	N
JQ535	311	263395	6977854	119,0		26,0	
JQ541	178	247286	6987973	220,0	2,3	26,0	N
JQ539	228	249065	6985540	209,0		25,9	
JQ131	548	247892	6909085	86,0		25,4	
IQ841	421	295513	6956262	137,0		25,0	
IQ853	323	295065	6945754	100,0	41,9	25,0	N
IQ999	368	294025	6955369	141,0		25,0	
JA981	223	290882	6991180	48,0		25,0	N
JQ130	585	249264	6908137	165,0		25,0	
JQ513	308	265833	6986816	78,0		25,0	
JQ515	228	270557	6992014	100,0	12,4	25,0	N
JQ517	287	266224	6990075	136,0	24,0	25,0	N

Fonte: SIAGAS (CPRM, acesso em 2014).

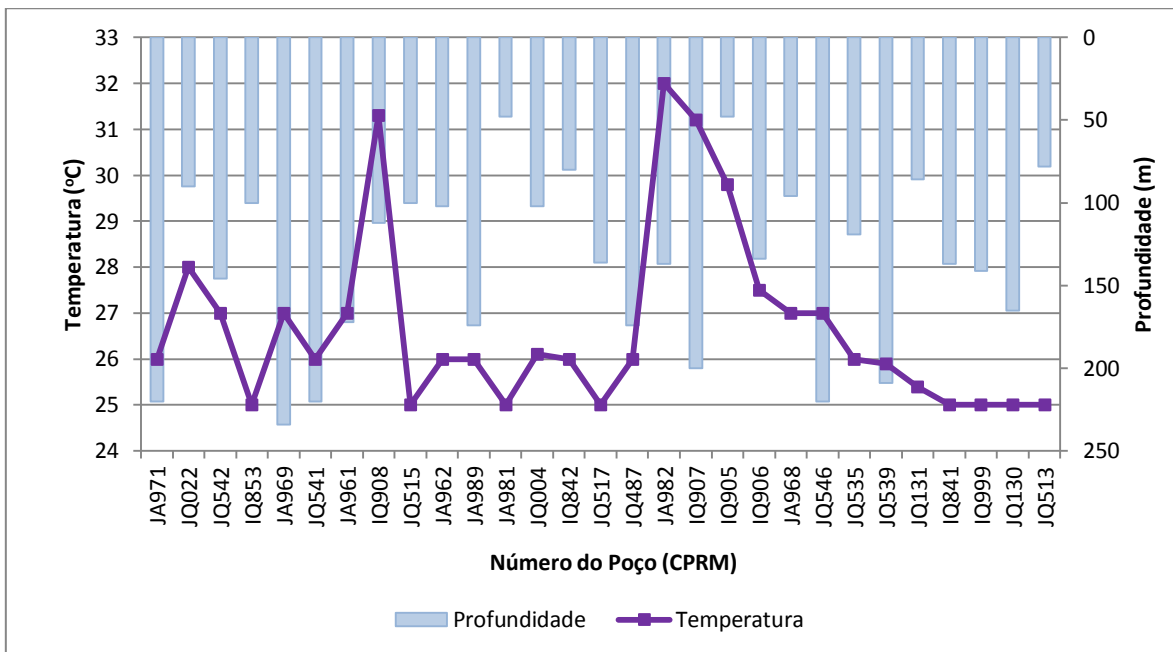


Figura 3. Temperatura das águas subterrâneas e profundidade da perfuração de poços de abastecimento com $T \geq 27^{\circ}\text{C}$, localizados a NW do estado do RS

Do total de 273 poços analisados, 90% apresentaram temperaturas inferiores a 25°C , máxima de 32°C (Alpestre) e mínima de $14,2^{\circ}\text{C}$ em Palmeira das Missões, as temperaturas médias foram de $21,9^{\circ}\text{C}$ e a mediana de 22°C . Quando analisada a temperatura das águas dos poços hipotermiais, os valores médios e medianos foram os mesmos $28,5^{\circ}\text{C}$, sendo que 90% dos poços apresentaram águas com temperaturas inferiores a $31,3^{\circ}\text{C}$.

Os poços com temperaturas superiores a 25°C , apresentaram profundidade de perfuração entre 48 m (IQ905) e 234 m (JA969) (Figura 3) e Nível Estático – NE entre 0 m (JA971), poço surgente, e 33 m (JQ487).

De acordo com a OEA (2009), a temperatura das águas do SAG aumenta com o aumento da profundidade de seu teto, relacionando-a ao seu grau geotérmico natural. Nas áreas confinadas do aquífero a temperatura varia de 35° a 55°C . Segundo Rocha (1997), a temperatura das águas do SAG aumenta em 1°C a cada 35 metros, sendo que em locais de afloramento as águas têm características de fontes frias (de 22 a 25°), nas faixas adjacentes de baixo confinamento as temperaturas variam de 25 a 30°C (hipotermiais), mas na maior parte de sua extensão, as temperaturas que variam de 30 à 63°C (mesotermiais, isotermiais e hipertermiais). Corcóvia e Celligoi (2012) afirmam que as águas subterrâneas no SAG, geralmente apresentam amplitude térmica pequena, com exceção dos aquíferos livres, pouco profundos, onde a temperatura é influenciada pelo grau geotérmico local, aumentando em média $1^{\circ}\text{C}/30$ metros.

As águas hipotermiais do aquífero SASG, utilizadas para o abastecimento público e usos múltiplos na região NW do Rio Grande do Sul, não apresentaram coeficiente de correlação simples

significativo entre as temperaturas e a profundidade das perfurações. Entretanto, na análise de tendência por regressão linear, realizada nos poços com temperaturas superiores a 28°C, foi observado um coeficiente de determinação (r^2) de 0,88 entre a temperatura e a cota de base do poço (com profundidades entre 470 m e 73 m), indicando certa linearidade na relação entre o aumento da temperatura e a variável da cota de base dos mesmos.

As fontes frias, < 25°C, representam 88,76% dos poços analisados na região. Considerados os poços que apresentaram características de fontes hipotermiais (31 poços), suas cotas de base variam de: 527 metros (JQ004) a - 42 metros (JQ541). Os municípios com 3 ou mais poços hipotermiais foram Vicente Dutra (3), Iraí (4), Palmeira das Missões (4), Liberato Salzano (4), Caiçara (5) e Tenente Portela (5) (Figuras 4 e 5). As temperaturas mais elevadas foram observadas em poços de abastecimento do município de Tenente Portela (30°C de média e mediana, 31,3°C máxima, 27,5°C mínima), seguidas pelas águas subterrâneas captadas em poços de Iraí (com temperaturas entre 26,8°C e 27°C) e de Caiçara (com temperaturas entre 25,9°C e 26°C) (Figura 5).

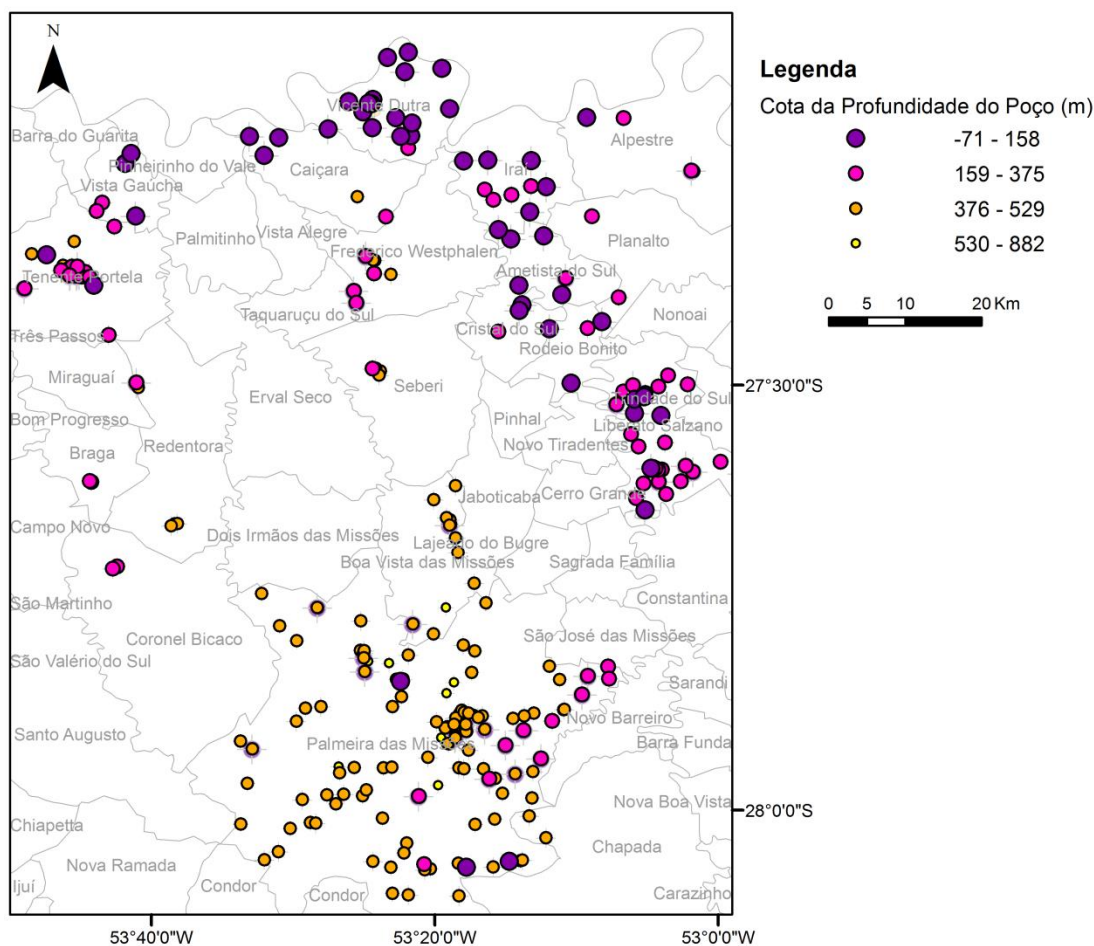


Figura 4. Cota da profundidade da perfuração de poços de abastecimento localizados a NW do estado do RS

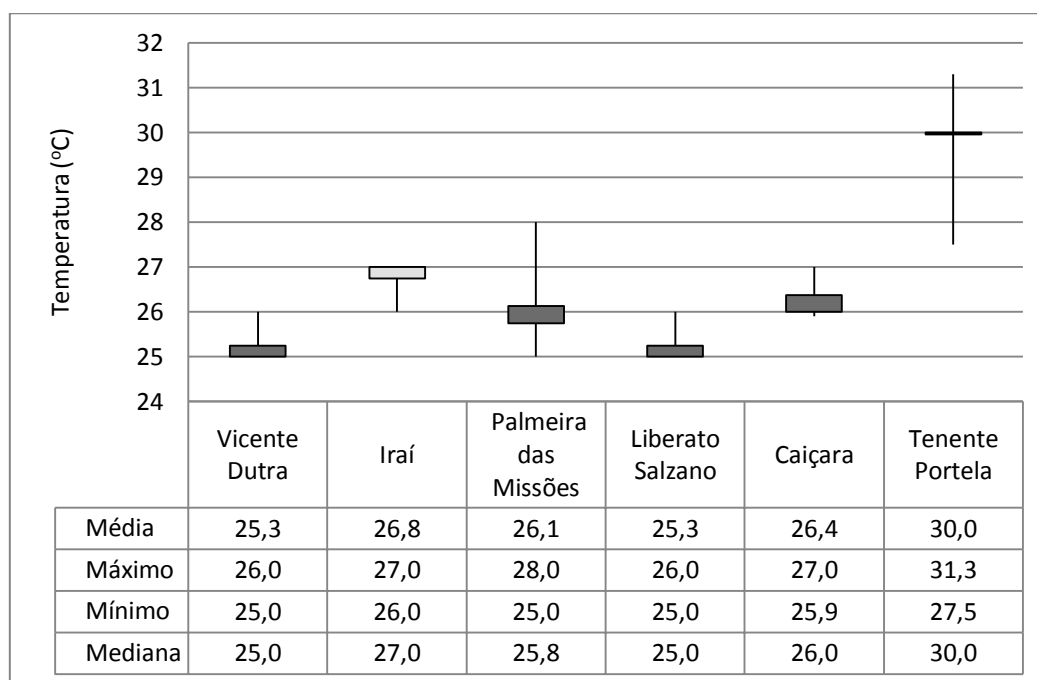


Figura 5. Análise estatística da temperatura de poços hipotermiais localizados nos municípios de Vicente Dutra, Iraí, Palmeira das Missões, Liberato Salzano, Caiçara e Tenente Portela.

Além dos poços hipotermiais identificados próximos ao Rio Uruguai, a sul da região observam-se águas com características hipotermiais em Palmeira das Missões (com valores entre 25°C e 28°C). Nos casos de Vicente Dutra e Liberato Salzano, as águas apresentaram mínima e mediana de 25°C e máxima de 26°C.

Destaca-se o poço JA982, localizado em Alpestre, que apresentou a maior temperatura (32°C) e Condutividade Elétrica de 1235 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a 137 m de profundidade (base na cota de 73 m).

Em geral, as águas dos poços localizados no município de Caiçara, apresentaram Condutividade Elétrica elevada, com máxima de 1473 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (JQ546) e média de 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$. As mínimas e medianas mais elevadas foram observadas no município de Vicente Dutra (192 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 265 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente) (Figura 6). Os municípios de Iraí e Liberato Salzano apresentaram menor variação de CE, com valores médios de (198,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 220,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente).

Os municípios de Alpestre (CE de 1235 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Caiçara (1483 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e Vicente Dutra (730 $\mu\text{S}/\text{cm}$) apresentaram águas classificadas como salobras (Salinidade > 0,5‰).

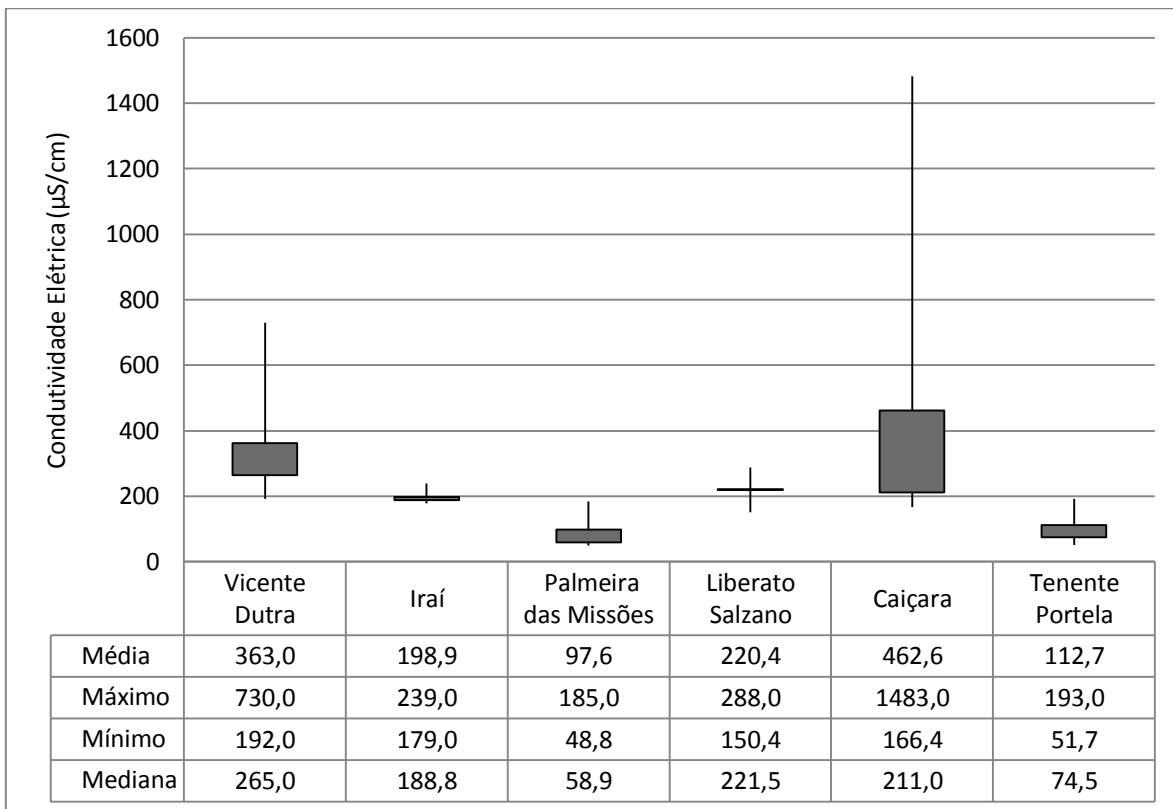


Figura 6. Análise estatística da Condutividade Elétrica de poços hipotermiais localizados nos municípios de Vicente Dutra, Iraí, Palmeira das Missões, Liberato Salzano, Caiçara e Tenente Portela

4- CONCLUSÃO

A partir da análise de temperatura de 273 poços da região noroeste do estado do RS, foram observadas incidências de hipotermalismo (temperatura das águas entre 25°C e 33°C) em municípios localizados nas margens do Rio Uruguai, como: Vicente Dutra, Iraí, Caiçara e Alpestre. Destaca-se o poço JA982, localizado em Alpestre, que apresentou a maior temperatura (32°C) e Condutividade Elétrica de 1235 µS/cm, a 137 m de profundidade (base na cota de 73 m). Entretanto, o município de Tenente Portela apresentou as médias mais elevadas, de 30°C. Liberato Salzano e Palmeira das Missões também indicaram incidência de elevadas temperaturas em poços de abastecimento, mas com médias de 25,3°C e 26,1°C respectivamente.

Em geral, as águas dos poços localizados no município de Caiçara apresentaram as Condutividade Elétrica mais elevadas, com máxima de 1473 µS/cm (JQ546) e valor médio de 462 µS/cm. Os municípios de Alpestre (CE de 1235 µS/cm) e Vicente Dutra (730 µS/cm) também apresentaram poços com águas salobras.

Na análise do coeficiente de correlação simples não foi constatada correlação significativa entre a temperatura constante nos registros e: a profundidade dos poços, a cota de base dos mesmos, ou a Condutividade Elétrica. A eventual associação entre esses parâmetros está restrita a análise hidrogeológica de casos isolados, como é o caso do JA982 (Alpestre).

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. 1945. LEI Nº 7841, de 08 de agosto de 1945. Institui o Código das Águas Minerais.13p.

BITTENCOURT, A. V. L. et al. A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral na Bacia do Rio Piquiri, Paraná – BR. Revista Águas Subterrâneas nº 17/Maio de 2003. 67-75p. Disponível em: <aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/1313>. Acesso em março de 2014.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. 2005. Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul. SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM. CPRM. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. Escala 1:750.000.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. Serviço de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Disponível em: < siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em março de 2014.

CORCOVIA, J. A; CELLIGOI A. Avaliação Preliminar da Qualidade da Água Subterrânea no Município de Iporã-PR. REA – Revista de estudos ambientais (Online). V. 14, n. 2esp, p. 39-48, 2012. Disponível em: < proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/download/2926/2074>. Acesso em março de 2014.

ESRI. 2014. *ArcGIS for Server*, v.10. Disponível em: < www.esri.com/>.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER – RS. FEPAM. Biblioteca Digital. FEPAM, 2005. Disponível em: < www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp >. Acesso em março de 2014.

FREITAS, M. A, de; ROISENBERG, A; CUNHA, G. G. da; Caracterização hidrogeoquímica preliminar das fontes termais da região do Alto Uruguai – RS e SC. In: XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica – III Simpósio de Geoquímica dos Países do Mercosul. Brasil: Gramado. 2011. Disponível em: < www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_CGQ03T25.pdf >. Acesso em março de 2014.

MACHADO, J.L.F. 2005. Compartimentação Espacial e Arcabouço Hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, UNISINOS. São Leopoldo. 237p.

MANCUSO M.A., CAMPOS J.E. 2005. Aquífero Bauru. In: DAEE/IG/IPT/CPRM Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. Nota Explicativa. CDD-551.490981610223. São Paulo. p.32-38.

OEA, 2009. Aquífero Guarani: programa estratégico de ação = Acuífero Guarani: programa estatégico de acción. – Edição bilíngue – Brasil; Argentina; Paraguai; Uruguai Organização dos Estados Americanos. Janeiro de 2009. 424 p.

ROCHA, G.A. 1997. O Grande Manancial do Cone Sul. Estudos Avançados 11 (30). 1997. 191p.