

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI NO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL

Luiz Antonio de Oliveira

luiz_ao@yahoo.com.br

Professor adjunto do Instituto de Geografia
Universidade Federal de Uberlândia

José Elói Guimarães Campos

eloi@unb.br

Professor Associado do Curso de Geologia
Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

RESUMO

No estado de Goiás o Sistema Aquífero Guarani – SAG ocupa uma área de 44.000 km², deste total, 35.138 km² estão confinados pelos basaltos da Formação Serra Geral, enquanto os 9.580 km² restantes representam as áreas de afloramentos. Na área de estudos, o sistema aquífero é composto por arenitos eólicos de idade jurássica da Formação Botucatu. O objetivo principal deste trabalho é analisar a distribuição dos parâmetros físico-químicos das águas do SAG em sua área de ocorrência no estado de Goiás, Brasil. Foram realizadas medidas *in situ* e em laboratório para a determinação do pH, ORP, STD e condutividade elétrica. O pH das águas amostradas variaram de 4,6 a 8,86. Os valores de ORP variam entre -92 a +131,50 mv. Os valores de Condutividade elétrica variaram entre 12,50 a 11.990 µS/cm e os de Sólidos Totais Dissolvidos entre e 6,54 a 5.940 mg/l. De modo geral, há uma diminuição dos valores entre as águas das zonas de afloramento, onde o aquífero é livre em direção às zonas confinadas.

Palavras-chave: Sistema Aquífero Guarani, parâmetros físicos-químicos, estado de Goiás.

ANALYSIS THE DISTRIBUTION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF WATERS OF THE GUARANI AQUIFER SYSTEM IN THE STATE OF GOIÁS, BRAZIL

ABSTRACT

In the state of Goiás, Brazil, the Guarany Aquifer System – GAS occupies an area of 44,000 km², of this, 35,138 km² is confined by the basalts of the Serra Geral Formation, while the 9,580 km² remaining represent the outcrops areas. In the research area, the SAG is composed by aeolian sandstone Jurassic age of the Botucatu Formation. The main objective of this work is to analyze the distribution of physical and chemical parameters of waters of the SAG in its area of occurrence in the state of Goiás, Brazil. The measures were *in situ* and laboratory for the determination of pH, ORP, TDS and electrical conductivity. The pH values of the water sampled has ranged from 4.6 to 8.86. The ORP values ranged from -92 to +131.5 mv. The electrical conductivity values ranging from 12.50 to 11,990 uS / cm and the Total Dissolved Solids and between 6.54 to 5940 mg / l. In general, there is a decrease in values between the waters of outcrop zones, where the aquifer is no confined, towards the confined zones.

Keywords: Guarany Aquifer System, Physical and chemical parameters, state of Goiás.

INTRODUÇÃO

O Sistema Aquífero Guarani localiza-se na porção meridional da América do Sul e ocupa a quase totalidade das bacias sedimentares do Paraná e Chaco-Paraná, englobando aproximadamente 1.500 municípios e uma população estimada de 23 milhões de habitantes, PROJETO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI – PPADSSAG, (2006).

Recebido em 07/04/2010

Aprovado para publicação em 29/10/2010

Em solo brasileiro este sistema aquífero ocupa parte dos territórios dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As formações sedimentares que compõem o Sistema Aquífero Guarani estão distribuídas por uma área de 1.206 milhões de km², Araújo, França e Potter (1995), dos quais, 90% são formações que se encontram confinadas, em sua maior parte, sob espessos derrames basálticos, e os 10% restantes são áreas de afloramento, Araújo, França e Potter (1995), Campos (1996).

A compartimentação estrutural do sistema aquífero condiciona um complexo sistema hidrogeológico que influencia diretamente os parâmetros hidrodinâmicos, sentidos de fluxos e reservas do aquífero, Zalán *et al.*, (1991), Fulfaro *et al.*, (1982) e Araújo, França e Potter (1995). Essas compartimentações representam uma rede de subsistemas com características hidrogeológicas distintas, Vives *et al.*, (2000), sendo que as variações podem ser especializadas em função do posicionamento da área em análise, no interior da bacia sedimentar. Esse comportamento, de certa forma inviabiliza uma caracterização geral do aquífero a partir de extrapolação de dados regionais. O nível de detalhe desejado para a caracterização do aquífero somente poderá ser obtido a partir da integração do conjunto de dados pontuais.

De acordo com Oliveira (2009), no estado de Goiás, o aquífero se estende por uma superfície de 44.718 km², sendo que 35.138 km² constituem a porção confinada e 9.580 km² representam os afloramentos. Nas áreas de afloramento, as descargas do aquífero alimentam os fluxos de base dos tributários do alto curso dos Rios Verde e Claro (Bacia do Paraná), Babilônia e Araguaia (Bacia Araguaia-Tocantins). Ainda de acordo com o autor, na maior parte da área de ocorrência, o aquífero encontra-se confinado sob as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos engloba grande parte da região Sul de Goiás (IBGE 2005), delimitada pelas coordenadas geográficas – 48° 51’/-19° 27’ e – 53° 15’ -16° 48’, totalizando uma área de 73.008 km². Inclui integral ou parcialmente os municípios de Aporé, Lagoa Santa, Itajá, Itarumã, Caçú, São Simão, Paranaíguara, Cachoeira Alta, Quirinópolis, Gouvelândia, Inaciolândia, Cachoeira Dourada, Jataí, Chapadão do Céu, Serranópolis, Aparecida do Rio Doce, Rio Verde, Santa Helena, Mineiros e Santa Rita do Araguaia.

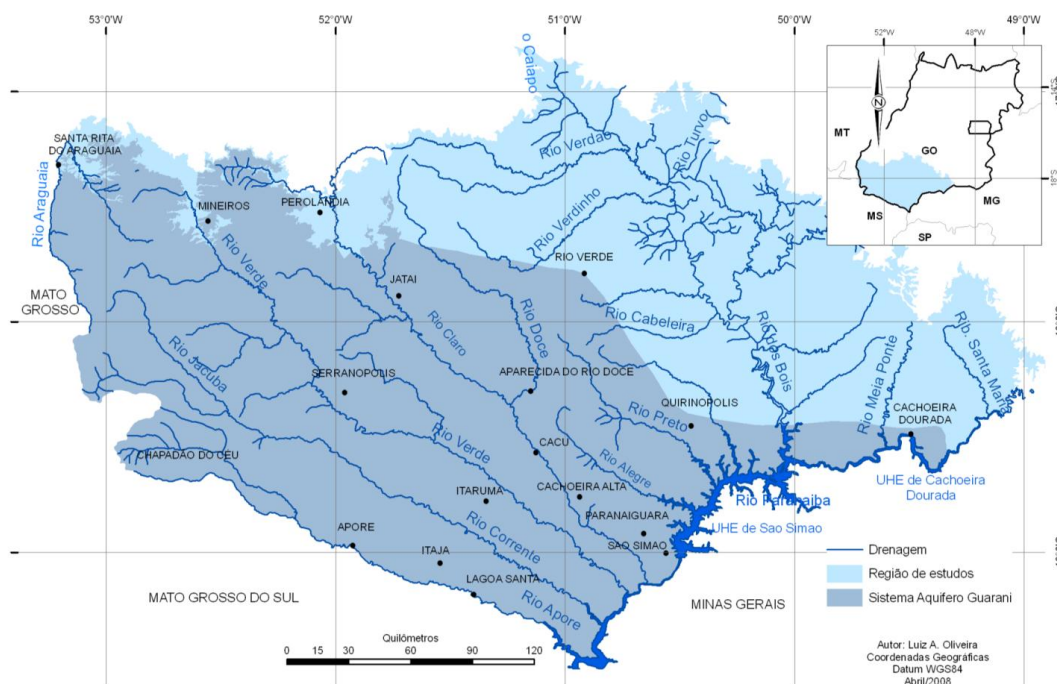


Figura 1 - Mapa de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás.

Figura 1 - Mapa de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás. A área de estudos abrange doze cartas topográficas escala 1:250.000 (IBGE 1984): SE.22-V-B, SE.22-X-A, SE.22-V-C, SE.22-V-D, SE.22-X-C, SE.22-X-D, SE.22-Y-A, SE.22-Y-B, SE.22-Z-A, SE.22-Z-B, SE.22-Y-D, SE.22-Z-C .

OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é analisar a distribuição dos parâmetros físico-químicos das águas do SAG em sua área de ocorrência no estado de Goiás, Brasil.

MÉTODOS

Nos locais de coleta das amostras de água subterrânea foram determinados *in situ* os parâmetros relacionados à temperatura, pH, redox, STD (sólidos totais dissolvidos) e CE (condutividade elétrica). Utilizou-se medidor portátil modelo mCA 150P para determinação da condutividade elétrica e do STD, enquanto que os parâmetros relacionados ao pH, temperatura e redox foram determinados utilizando-se medidor portátil modelo mPA 210p.

As análises hidroquímicas de todas as amostras foram realizadas pelo Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília. A metodologia analítica do laboratório segue os critérios e normas do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, edição da American Public Health Association (APHA), da American Water Works Association (AWWA), e da Water Pollution Control Federation (WPCF). O controle de qualidade dos resultados é referenciado a análise de amostra de água de concentração conhecida.

Na determinação dos locais de coleta das amostras de água subterrânea utilizadas nas análises químicas foi levado em conta o grau de confinamento do aquífero, ou seja, selecionaram-se áreas representativas de zonas onde o aquífero é livre (Mineiros e Jataí), de baixo grau de confinamento (Lagoa Santa e Itajá), médio grau de confinamento (Rio Verde e Cachoeira Dourada) e de alto grau de confinamento (Quirinópolis).

A localização geográfica dos pontos foi determinada com auxílio de receptor GPS Garmin Etrex Legend, acurácia de 7 metros, Datums horizontal WGS-84 e vertical de Imbituba, com leitura de posição em coordenadas geográficas. Para coleta das amostras utilizaram-se garrafas plásticas de 1 litro. Para eliminar possíveis resíduos internos, as embalagens plásticas foram submetidas à retrolavagem, utilizando-se água do próprio poço, sendo o processo repetido por três vezes. A água coletada preencheu completamente o espaço interno da garrafa.

Posteriormente às coletas, as garrafas foram acondicionadas em recipiente isotérmico, protegidas da radiação solar. Foram coletadas amostras de águas em poços tubulares profundos localizados nas cidades de Rio Verde, Mineiros, Jataí, Lagoa Santa, Itajá, Quirinópolis e Cachoeira Dourada, cujas localizações encontram-se na tabela 1 e na figura 2 – Localização dos poços tubulares profundos, pontos de águas destinadas às análises físico-químicas.

Poço	Local	Município	Latitude	Longitude	Grau Confinamento
RV1	COMIGO	Rio Verde	-50°57'36,07"	-17°49'06,45"	Médio
J11	Thermas	Jataí	-51°46'37,05"	-17°48'57,05"	Livre
J12	Thermas	Jataí	-51°46'16,05"	-17°49'08,08"	Livre
SF1	Usina São Francisco – poço 1	Quirinópolis	-50°15'50,43"	-18°26'11,34"	Alto
SF2	Usina São Francisco – poço 2	Quirinópolis	-50°15'43,07"	-18°26'27,07"	Alto
BV1	Usina Boa Vista	Quirinópolis	-50°26'09,60"	-18°32'45,38"	Alto
CD1	Clube Sol Eldorado	Cachoeira Dourada/GO	-49°28'26,40"	-18°29'31,20"	Médio
CD2	Clube Thermas Dourada	Cachoeira Dourada/GO	-49°28'15,60"	-18°29'52,80"	Médio
CD3	Clube Thermas Medicinal	Cachoeira Dourada/MG	-49°29'57,69"	-18°30'32,77"	Médio
CD4	Cemitério	Cachoeira Dourada/MG	-49°29'03,60"	-18°31'51,06"	Médio
CD11	Usina Cachoeira Dourada	Cachoeira Dourada/GO	-49°39'10,08"	-18°30'11,88"	Médio
SA1	SANEAGO	Lagoa Santa	-51°24'06,97"	-19°10'58,80"	Baixo
AK1	Pousada do Akira	Lagoa Santa	-51°24'10,80"	-19°10'58,80"	Baixo
AK2	Pousada do Akira	Lagoa Santa	-51°23'057,5"	-19°11'11,20"	Baixo
IJ1	SANEAGO	Itajá	-51°33'14,07"	-19°04'08,03"	Baixo
PD1	Granja Perdigão	Mineiros	-52°30'50,40"	-17°30'39,60"	Livre
PD2	Granja Perdigão	Mineiros	-52°49'58,80"	-17°38'31,20"	Livre
PD3	Granja Perdigão	Mineiros	-52°41'42,00"	-17°35'20,40"	Livre
PD4	Granja Perdigão	Mineiros	-52°48'50,40"	-17°37'26,40"	Livre
PD5	Granja Perdigão	Mineiros	-52°57'15,12"	-17°39'15,84"	Livre
PD6	Granja Perdigão	Mineiros	-52°56'56,04"	-17°39'47,88"	Livre
PD7	Granja Perdigão	Mineiros	-52°59'21,84"	-17°38'36,96"	Livre
PD8	Granja Perdigão	Mineiros	-52°59'40,92"	-17°38'30,12"	Livre
PD9	Granja Perdigão	Mineiros	-52°52'24,96"	-17°34'59,16"	Livre
PD11	Granja Perdigão	Mineiros	-52°45'03,96"	-17°38'31,92"	Livre
PD12	Granja Perdigão	Mineiros	-52°43'54,12"	-17°37'19,92"	Livre
PD13	Granja Perdigão	Mineiros	-52°43'05,16"	-17°55'18,12"	Livre
PD14	Granja Perdigão	Mineiros	-52°41'09,96"	-17°46'32,88"	Livre
PD15	Granja Perdigão	Mineiros	-52°39'15,12"	-17°38'03,12"	Livre
PD16	Granja Perdigão	Mineiros	-52°27'05,04"	-17°48'12,96"	Livre
PD17	Granja Perdigão	Mineiros	-52°24'29,88"	-17°41'08,16"	Livre
PD18	Granja Perdigão	Mineiros	-52°52'15,96"	-17°29'00,96"	Livre
PD19	Granja Perdigão	Mineiros	-52°46'19,92"	-17°29'31,92"	Livre
PD20	Granja Perdigão	Mineiros	-52°40'00,12"	-17°30'52,92"	Livre

Tabela 1 - Localização dos poços tubulares profundos, pontos de coletas das águas destinadas às análises físico-químicas.

Os parâmetros físico-químicos descritos referem-se aos dados de condutividade elétrica - CE, Sólidos Totais Dissolvidos - STD, pH, Potencial Redox - ORP e temperatura, levantados em campo quando da coleta das amostras nos poços tubulares profundos, tabela 2 - parâmetros físico-químicos determinados em campo.

Amostra	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	STD (campo)	pH	ORP (mv)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)
CD1	7.970,00	3.854,76	7,84	-45	35,6
CD2	7.612,00	3.756	8,1	-53	36,2
CD3	8.337,00	4.760,10	7,87	-42	36,0
CD4	11.990,00	5.940,06	7,69	-32	38,5
CD11	398,5	254,33	8,3	-58,1	32,0
SF1	1.366,00	680,3	8,86	-92	44,0
SF2	1.850,00	890,1	8,84	-87,5	49,0
BV1	564,50	280,2	8,5	-77,3	45,0
AK1	113,80	54,1	7,38	0,4	31,0
AK2	120,00	53,8	7,2	0,45	31,0
SA1	103,00	48,9	7,38	0,4	31,0
IJ1	84,70	43,20	6,8	3,5	31,0
Jl1	683,10	330,8	8,6	-47,9	37,0
Jl2	128,00	64,66	7,8	-17,3	25,0
PD1	17,00	8,54	5,12	100,3	26,3
PD6	19,10	9,63	5,5	100,1	27,0
PD14	22,10	12,01	5,3	97,8	26,6
PD11	13,20	7,77	4,94	130,7	26,2
PD5	18,20	9,78	5,7	98,6	27,1
PD16	21,20	11,04	6,1	73,6	27,6
PD7	15,30	8,38	5,1	107,3	26,4
PD12	18,40	10,01	5,9	106,3	27,0
PD19	21,40	11,21	5,5	96,5	26,7
PD4	12,50	6,54	4,84	116,8	26,2
PD20	38,40	19,7	6,6	28,4	28,6
PD17	22,60	12,65	5,9	76,4	27,4
PD13	13,70	7,44	4,6	122,5	26,1
PD2	25,60	13,33	6,2	47,3	28,0
PD18	19,70	10,76	4,7	131,5	26,3
PD15	13,80	7,31	4,6	129,4	26,0
PD8	33,80	18,53	6,4	35,4	28,2
PD9	63,60	35,98	6,9	19,8	29,0
PD3	151,70	83,68	7,53	-28,9	31,0
RV1	278,40	153,0	7,8	-33,2	33,0

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos determinados em campo.

A análise dos resultados demonstra distinção entre os valores das águas provenientes da zona de recarga e da zona confinada, indicando controle do grau de confinamento do aquífero na evolução química da água. Por isso, a análise da variação do comportamento físico-químico será feita por região, considerando-se a distinção entre as zonas de recarga e as confinadas. Vale ressaltar que as águas da região de Cachoeira Dourada apresentam comportamento hidroquímico diferente do restante do aquífero, ou seja, a alta salinidade de suas águas está mais relacionada à mineralogia local do que ao grau de confinamento do aquífero. Portanto, o comportamento dessas águas será tratado à parte, contemplando um domínio localizado.

As figuras 3 e 4 foram organizadas de modo a facilitar a observação da evolução dos parâmetros físico-químicos do aquífero em função do grau de confinamento. A região branca no gráfico corresponde à zona de recarga (aflorantes), sendo que a seqüência de PD1 a PD20 corresponde às amostras da região de Mineiros e as amostras Jl1 e Jl2 correspondem a região de Jataí.

Nas zonas de recarga, pequena porcentagem dos poços intercepta apenas o Aquífero Guarani, sendo que a maioria explota água de aquíferos mistos: Guarani/Corumbataí, Guarani /Corumbataí/Irati, Guarani /Corumbataí/ Irati/Aquidauana.

A distinção do comportamento hidroquímico das amostras está relacionado aos tipos de aquíferos explorados, sendo que na zona aflorante da região de Mineiros, a espessura interceptada do Aquífero Guarani nos poços também influencia na composição hidroquímica. Desta forma, para visualizar a influência da espessura do aquífero no quimismo das águas, os dados da Figuras 3 e 4 foram organizados de acordo com a espessura do aquífero na zona aflorante da região de Mineiros (amostras PD1 a PD20), sendo que o aumento desta ocorre da direita para a esquerda.

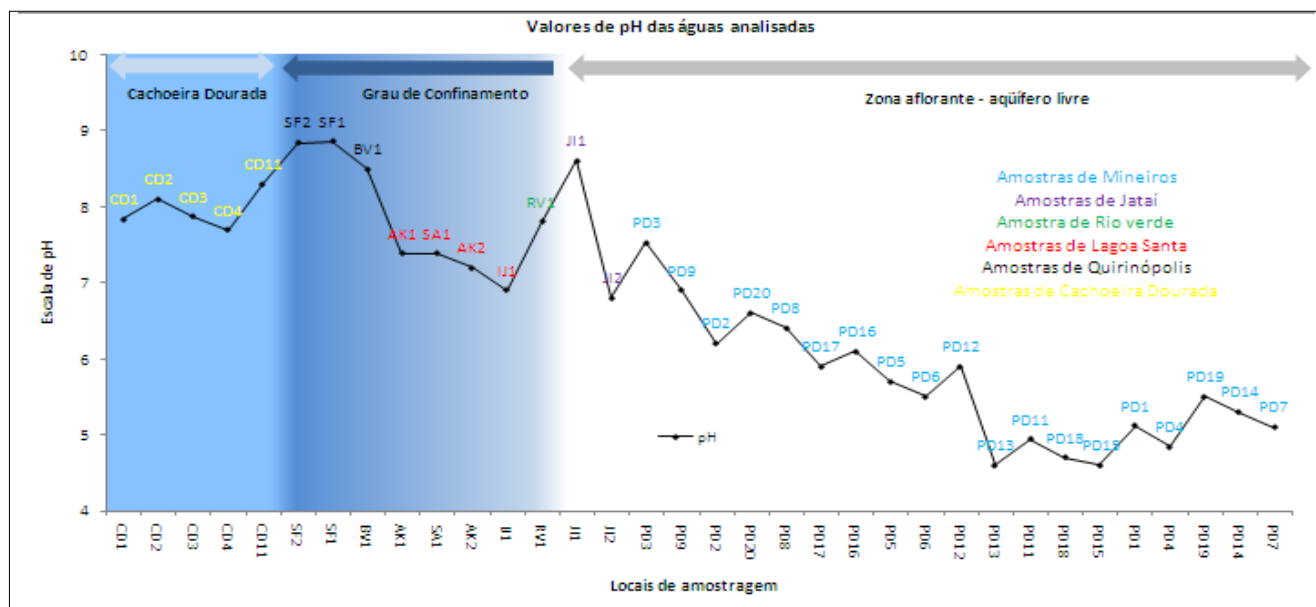


Figura 3 - Comparação de valores de pH entre as zonas de recarga e confinada.

Valores de pH.

Análise conjunta dos dados da Tabela 2 e da Figura 3 demonstra predomínio das águas alcalinas a ligeiramente alcalinas nas porções confinadas e de águas ácidas a ligeiramente ácidas nas zonas aflorantes (recarga). De modo geral, o pH das águas amostradas tem variação de 4,6 a 8,86, sendo de 6,8 a 8,86 para a zona confinada e de 4,6 a 8,6 para porção onde o aquífero é livre.

Para a zona de recarga da região de Mineiros o pH das águas varia entre 4,6 e 7,53, com média de 5,6. É possível observar a relação inversa entre os valores de pH e a espessura interceptada do Sistema Aquífero Guarani nos poços, sendo que da direita para a esquerda, o aumento de espessura é acompanhado pela redução de valores de pH. De modo geral, os valores mais elevados de pH, entre 6,2 e 7,53, refletem a influência das águas de mistura, onde há maior contribuição de águas que circulam pelo Aquífero Irati (folhelhos betuminosos e calcários).

Os valores inferiores de pH, iguais ou inferiores a 5,5, são representativos de águas exclusivas do SAG. Os valores intermediários de pH, 5,6 a 6,1 são correspondentes às amostras originadas de poços que exploram águas dos aquíferos Guarani, Cenozóico/Guarani ou Guarani/Corumbataí.

Para a zona de recarga de Jataí, limite esquerdo da porção branca do gráfico, as amostras JI1 e JI2 possuem pH de 7,8 e 8,6 respectivamente. A amostra JI1, que apresenta valor superior de pH é proveniente de poço que explora águas de misturas do aquífero misto Guarani/Corumbataí/Irati/Aquidauana, enquanto que a amostra JI2 é proveniente de poço que explora água apenas do SAG. Na zona confinada o pH das águas possui relação direta com o grau de confinamento. Amostra RV1 proveniente da cidade de Rio Verde, onde a perfuração do poço atravessa mais de 400 metros de basalto e intercepta apenas 5 metros de arenito do Guarani, o valor de pH de 7,8 é representativo das águas percoladas do basalto.

Nas cidades de Lagoa Santa e Itajá, zona de baixo grau de confinamento, os valores de pH são de 6,8 para Itajá e de 7,2 a 7,38 para os poços da cidade de Lagoa Santa. Para a zona de alto grau de confinamento da região de Quirinópolis, o pH das águas varia entre 8,5 e 8,86.

Na região de Cachoeira Dourada, onde o aquífero é medianamente confinado e as águas são as mais mineralizadas do SAG em Goiás, o pH varia entre 7,84 e 8,3. O comportamento das águas dessa região demonstra relação inversa entre pH e condutividade elétrica.

Potencial de Oxi-redução.

Os valores de ORP das amostras variam entre -92 a +131,50 mv, com média de 29,8 mv. De modo geral, há uma diminuição dos valores entre as águas das zonas de afloramento em direção às zonas de maior confinamento.

Para a zona aflorante da região de Mineiros, de modo geral, os valores superiores a 100 mv relacionam-se às amostras de águas exclusivas do Aquífero Guarani, enquanto que valores inferiores, entre -28,9 a 47,3 mv, relacionam-se às amostras de águas de mistura, poços mais profundos, refletindo influência do Aquífero Irati, figura 4.

As águas da zona aflorante de Jataí apresentam valores de ORP de -47,9 e -17,3 mv, sendo que o valor inferior refere-se à amostra JI1, proveniente do poço que explora águas de mistura. Para a zona de baixo confinamento de Lagoa Santa, os valores estão próximos de zero. As amostras da região de Quirinópolis, zona de maior confinamento, os valores variam entre -77,30 a -92 mv.

Na cidade de Cachoeira Dourada, as amostras CD1 a CD4, possuem valores entre -53 a -32 mv, sendo que há uma relação inversa entre os valores de ORP e de STD.

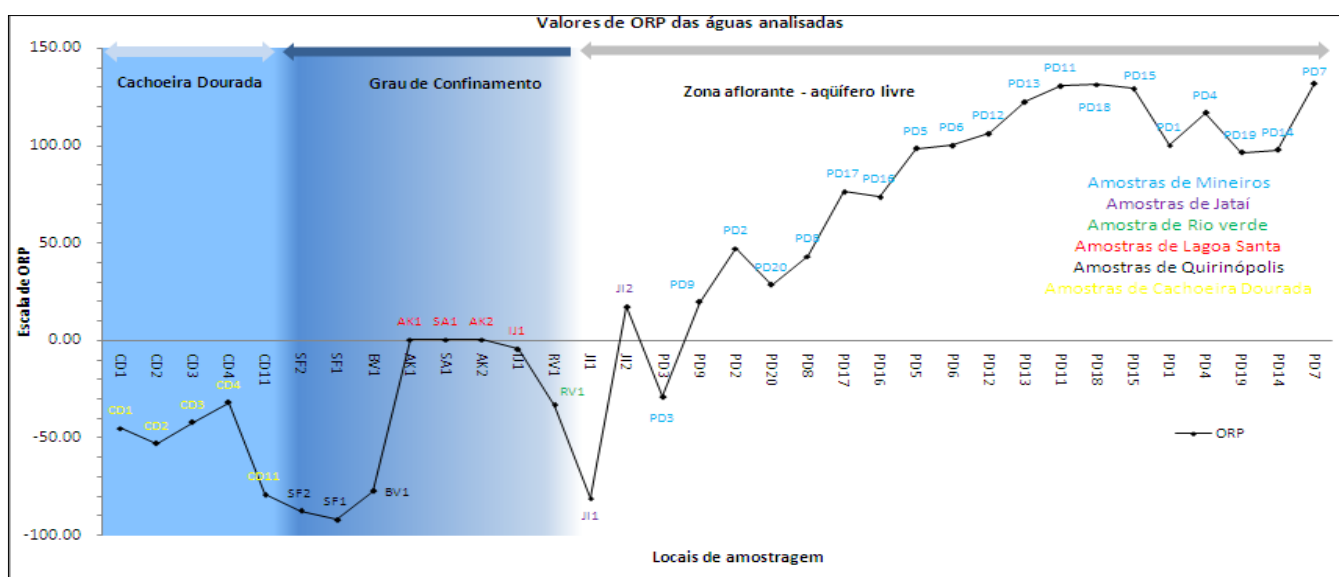


Figura 4 – Comportamento dos valores de potencial de óxido redução - ORP

Sólidos Totais Dissolvidos - STD e Condutividade Elétrica - CE.

A CE está relacionada com a salinidade da água, sendo por isso um parâmetro utilizado para se mapear o comportamento hidroquímico de um aquífero, bem como a evolução de suas águas. Os resultados de CE e de STD medidos na área de estudos apresentaram o mesmo comportamento dos resultados medidos em outras áreas de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani, ou seja, há uma grande amplitude de valores, com aumento significativo a partir das áreas de afloramento em direção às porções confinadas e com maior concentração de sais.

Os valores dos referidos parâmetros variam, respectivamente, entre 12,50 a 11.990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 6,54 a 5.940 mg/l.

Na zona de recarga de Mineiros, os valores de CE estão entre 12,5 a 151,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os de STD entre 6,54 a 83,68 mg/l. Distribuição estatística por classes demonstra que 79% dos valores de CE e STD estão abaixo de 25,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 13,3 mg/l, respectivamente, valores esses originados dos poços que exploram apenas água do Aquífero Guarani. Valores superiores aos apresentados refletem influência de águas de mistura do Guarani/Corumbataí e Irati.

Para a zona de recarga de Jataí, as amostras JI1 e JI2, nessa ordem, apresentam valores de CE de 128,0 e 683,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e STD de 64,66 e 330,8 mg/l. O valor superior, amostra JI1, reflete a influência de águas de mistura do aquífero misto Guarani/Corumbataí/Irati/Aquidauana. Amostra RV1, cidade de Rio Verde, os valores de CE e de STD são de 278,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 153,87 mg/l, respectivamente. Vale ressaltar que devido a pequena espessura interceptada do Aquífero Guarani por este poço, esses valores são representativos de águas percoladas através dos basaltos.

Para a zona de baixo grau de confinamento, cidades de Itajá e Lagoa Santa, os valores de CE estão entre 84,70 a 120,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os de STD entre 43,20 a 53,8 mg/l. Na zona de alto grau de confinamento, região de Quirinópolis, os valores de CE e STD variam de 564,50 a 1.850 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e de 280,2 a 890 mg/l, respectivamente. Sendo que os valores superiores são de amostras coletadas em poços que exploram águas de misturas do aquífero misto Guarani/Corumbataí/Irati/Aquidauana.

As amostras da região de Cachoeira Dourada possuem valores de CE entre 398,5 a 11.990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e de STD entre 254,33 a 5.940 mg/l. Das 5 amostras analisadas, as amostras CD1 a CD4, apresentam valores acima de 7.611 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e de 3.755 mg/l. Os valores elevados estão relacionados aos altos teores de salinidade que ocorrem somente nessa região.

Temperatura

Com a relação à temperatura das águas medida em campo, a grande amplitude dos resultados é condicionada pela profundidade dos poços, sendo que nas zonas de recarga concentram-se os mais rasos e na zona confinada, em função da espessura das camadas confinantes, os poços são mais profundos. Por isso, a temperatura será analisada considerando-se a distinção entre as zonas de recarga e as confinadas.

As temperaturas das águas, medidas em campo variaram de 25 a 49 °C com média de 31°C. Os valores superiores entre 44 e 49°C foram levantados na região de Quirinópolis, zona de maior grau de confinamento do aquífero, onde os poços possuem profundidades entre 826 a 1.240 metros, enquanto que valores entre 25 a 37°C foram medidos nos poços das zonas de recarga.

A figura 5 foi organizada de modo a permitir a visualização do comportamento da temperatura entre as zonas aflorantes e confinadas do Aquífero Guarani. Os dados ainda foram organizados em uma seqüência que segue a profundidade dos poços dentro de cada zona, sendo que esta aumenta da direita para a esquerda.

Nas porções confinadas, o coeficiente de correlação entre a profundidade do topo do aquífero e a temperatura da água é de 0,912, figura 6 - Correlação entre temperatura da água e profundidade do topo do aquífero. A correlação pode ser expressa:

$$T (^{\circ}\text{C}) = 0,015 * (\text{profundidade do topo do SAG}) + 29,38$$

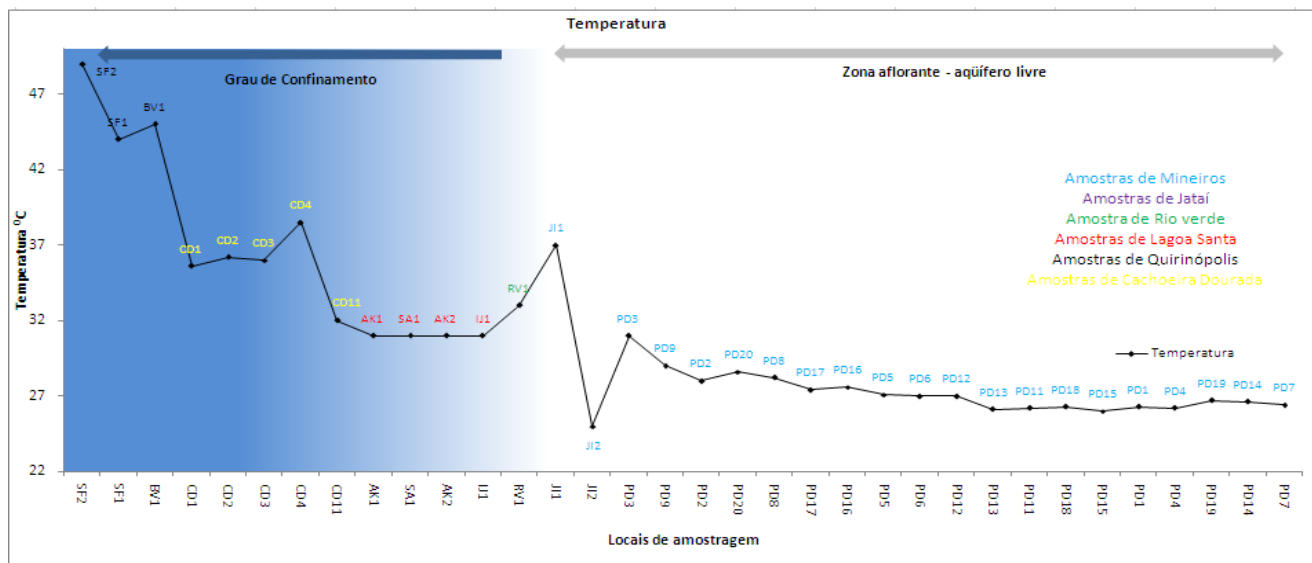


Figura 5 – Distribuição das temperaturas das águas.

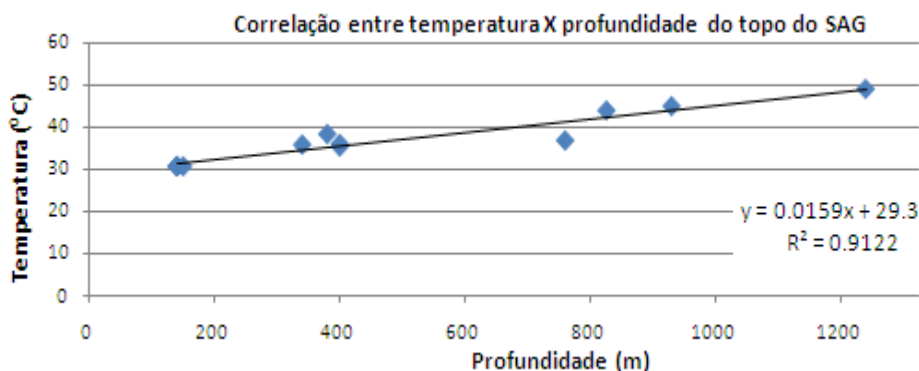


Figura 6 - Correlação entre temperatura da água e profundidade do topo do aquífero

O valor calculado da geoterma média para a porção confinada do Sistema Aquífero Guarani é de 1 °C para cada 33,5 m de profundidade. Os valores de geoterma do Guarani em Goiás estão dentro dos intervalos descritos por outros autores em outros estados: 1°C para cada 40 m nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, Gastmans (2007), 1°C para cada 35 m em média no estado de São Paulo, Teissedre *et al.* (1982), 1°C para cada 35m no estado de Santa Catarina, Zanatta & Coitinho (2002) e 1°C para cada 36,5m no Uruguai (Oleaga 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relacionando-se os dados produzidos por este trabalho com aqueles produzidos em outras áreas de ocorrência do SAG na América do Sul, constata-se que o aquífero é um mosaico de subsistemas compartimentados, com características hidrodinâmicas e hidroquímicas distintas, particulares à cada região.

Regionalmente, a existência de fluxos subterrâneos quase estagnados (recarga comprometida) associados a águas impróprias para o consumo, constituem limitantes naturais e que devem ser considerados nos planos de gestão.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L.M; FRANÇA, A.B; POTTER, P.E. **Aquífero gigante do Mercosul - Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai: mapas hidrogeológicos das Formações Botucatu,**

Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Tucarembó. Curitiba, UFPR/PETROBRÁS. 1995.

CAMPOS, H.C.N.S. **Mapa hidrogeológico do Aquífero Guarani, escala 1:2.500.000. ISOMAPA** - Consultoria e Projetos Ltda. São Paulo. 1996.

FÚLFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Geologia da Bacia do Paraná. Reavaliação da potencialidade e prospectividade em hidrocarbonetos. São Paulo. PAULIPETRO, 1982. 75-115.

GASTMANS, D. **Hidrogeologia e hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani na porção ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná.** Tese (Doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP. Rio Claro, 2007. 194 f.

OLEAGA, A. B. **Contribuição a hidrologia do Aquífero Guarani no Uruguai. Enfoque integrado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica). Universidade Nacional Autônoma do México. Cidade do México, 2002. 119 p.

OLIVEIRA, L. A. **O Sistema Aquífero Guarani no estado de Goiás: distribuição, caracterização hidrodinâmica, hidroquímica, composição isotópica e CFCs.** Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências. Brasília 2009, 188 p.

PROJETO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI. Mapa esquemático do Aquífero Guarani. 2006. "Disponível em": <http://www.sg-guarani.org/index/site/sistema_acuifero/sa001.php>. "Acesado em": 20/03/2008.

TEISSEDE, J.M.; SANCHES, J.L.; LOPES, M.F.C. **Geometria e condições de exploração do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2., 1982, Salvador. **Anais:** São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 53 - 63.

VIVES, L; CAMPOS, H; CANDELA, L; GUARRACINO, L. **Premodelo de flujo del Acuífero Guaraní.** 1st Joint World Congress on Groundwater. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS. Fortaleza. 2000. 22 p. CD ROM.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; Appi, V. T.; ZANOTTO, O. A.; MARQUES, A. **Tectonics and sedimentations of the Paraná Basin. Gondwana Seven Proceedings.** Seventh International Gondwana Symposium. Inst. Geoc. USP, São Paulo, 1991.