

Avaliação da água subterrânea nos aquíferos cenozóico e guarani em São Gabriel do Oeste-MS: subsídios à gestão integrada

Groundwater assessment in the cenozoic and guarani aquifers in São Gabriel do Oeste-MS: information for integrated management

Aline Assunção Souza¹, Giancarlo Lastoria², Sandra Garcia Gabas³,
Camila Dourado Machado⁴

^{1,2,3,4}Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, MS, Brasil

Resumo

O Aquífero Cenozóico em São Gabriel do Oeste-MS, ocupa aproximadamente 48% da área total do município. É formado por depósitos areno-argilosos e detrito-lateríticos de idade Terciário-Quaternário, sobrepostos aos Aquíferos Guarani, Serra Geral e Aquidauana. As principais atividades econômicas do município, a agricultura e a suinocultura, bem como sua zona urbana e agroindústrias, localizam-se sobre este Aquífero. O abastecimento público e privado utilizam exclusivamente águas dos mananciais subterrâneos, explotando o Aquífero Cenozóico e as maiores vazões no Guarani subjacente ou aflorante. As atividades econômicas, a recarga direta e as características de permo-porosidade desta unidade apontam para a vulnerabilidade dos Aquíferos Cenozóico e Guarani naquela região.

.Palavras-chave: Classificação de Águas Subterrâneas; Aquífero Livre, Suinocultura

Abstract

The Cenozoic aquifer in São Gabriel do Oeste-MS occupies approximately 48% of the total area of the municipality. It consists of sandy clay and debris-lateritic Tertiary-Quaternary deposits, overlying the Guarani, Serra Geral and Aquidauana aquifers. The urban area and the main economic activities of the municipality, agriculture and swine, are located on this aquifer. Public and private water supply use exclusively groundwater, mainly from Cenozoic Aquifer, shallow wells, and Guarani Aquifer, deep wells. Economic activities, direct recharge and characteristics of permeability and porosity of this unit indicate the vulnerability of the aquifers in that region.

Keywords: Groundwater Classification; Free Aquifer; Swine.

1 Introdução

A água subterrânea vem assumindo importância cada vez maior na gestão de recursos hídricos no Brasil como fonte de suprimento desse bem vital. Sua disponibilidade e qualidade têm permitido que populações se instalem e sobrevivam onde a precipitação e as águas superficiais são escassas e insuficientes.

A disponibilidade para determinados tipos de usos depende da qualidade físico-química, biológica e radiológica da água, a qual tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas (Custódio e Llamas, 1983).

A qualidade da água subterrânea depende de fatores intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero, com característica do aumento de concentrações de substâncias dissolvidas, à medida que essa água percola nos diferentes solos e rochas. Seu monitoramento é previsto na Resolução CONAMA nº 396/2008 para enquadramento de tipos de usos para cada aquífero, como consumo humano, dessedentação de animais, irrigação e recreação e ainda padrão de qualidade das águas de acordo com a classificação (Especial e Classes 1 a5).

A ocorrência de água subterrânea em sedimentos pouco consolidados apresenta algumas vantagens como a facilidade de perfuração de poços tubulares com profundidades inferiores a 50 metros, que demandam pequenos recalques. Esses depósitos geralmente possuem alta capacidade de infiltração potencial, maior porosidade e permeabilidade do que as formações compactas (Feitosa e Manoel Filho, 2008).

Em geral, as áreas de afloramento e de recarga do Aquífero Guarani são as mais vulneráveis à contaminação. Entretanto, a região de exposição no Estado de Mato Grosso do Sul exibe menor vulnerabilidade natural por ser reconhecida também como zona de descarga regional, com exceção da área do Chapadão de São Gabriel do Oeste considerada como zona de recarga, com fluxos tanto para NE quanto para SW, ambos com descarga na bacia do Rio Paraguai (Gastmans e Chang, 2005).

Ao sul da sede municipal, ocorre o contato direto da cobertura cenozóica sobre os arenitos da Formação Botucatu (Aquífero Guarani) (Lacerda Filho, 2006). Sobre toda a extensão da cobertura ocorre uma intensa utilização para a agricultura mecanizada (soja, algodão, milho e sorgo) e atividades da suinocultura, pecuária de leite e criação de avestruz.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar os Sistemas Aquíferos Cenozóico (SAC) e Guarani (SAG) no município de São Gabriel do Oeste-MS, em função de suas posições estratigráficas, áreas de ocorrência, qualidade das águas para fins de consumo e ainda a importância na manutenção do nível de base dos rios existentes no âmbito de abrangência do trabalho, que drenam para o Pantanal sul-mato-grossense. Para a classificação das águas a partir da composição química de íons principais, foram utilizados os diagramas de *Piper e Stiff*.

2 Materiais e métodos

2.1 Características gerais da área de estudo

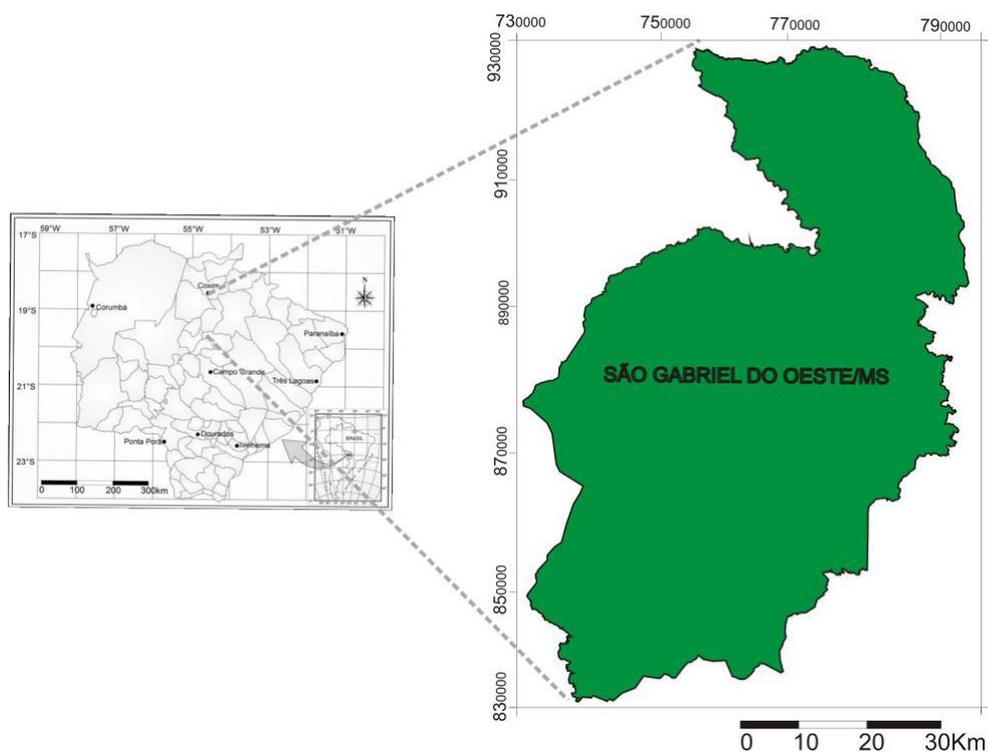


Figura 1- Localização do município de São Gabriel do Oeste-MS.

O município de São Gabriel do Oeste (Figura 1) localiza-se na região centro-norte do Estado de Mato Grosso do Sul, ocupando uma área total de 3.856 km² e população de 21.307 habitantes (IBGE, 2010).

A precipitação anual varia de 1200 a 1600 mm, de acordo com o Atlas Pluviométrico do Brasil, referente às médias dos anos 1977 a 2006 (MME, 2012). Seu clima classifica-se como Aw - clima tropical úmido. Encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai, abrangendo as sub-bacias dos Rios Taquari e Miranda, respectivamente com áreas de 88,5% e 11,5% do município (SEMAC, 2010).

Em termos geológicos, todo o território do referido município encontra-se inserido na Bacia Sedimentar do Paraná, aflorando rochas período Carbonífero (Formação Aquidauana), do período Triássico (Grupo São Bento-Formação Pirambóia), do período Jurássico (Grupo São Bento-Formações Serra Geral e Botucatu), do Cretáceo superior (Grupo Bauru), e dos períodos Terciário-Quaternário (coberturas detrito lateríticas) e aluviões recentes (SEPLAN, 1990). O abastecimento público é efetuado exclusivamente por mananciais subterrâneos: na área urbana, são utilizados cinco poços tubulares, totalizando uma captação mensal de 120.000m³, na área rural, a produção mensal do poço comunitário utilizado no Assentamento Campanário é de 217m³ e volume mensal produzido pelo poço do Distrito de Areado é de 1000m³ (SAAE, 2012).

Potencialmente, é possível explorar águas subterrâneas nas unidades hidrogeológicas dos Aquíferos Cenozóico, Bauru, Serra Geral e Guarani (SEMAC, 2010).

2.2 Sistema Aquífero Cenozóico (SAC)

As coberturas detrito lateríticas, que fazem parte do

Sistema Aquífero Cenozóico, apresentam no Mato Grosso do Sul distribuição descontínua, ocupando geralmente os relevos de cotas mais altas dos planaltos, que se caracterizam por formas de topo plano (MME, 1982).

A espessura deste pacote de sedimentos varia, geralmente, de 20 a 30 metros, podendo alcançar até 70 metros; são constituídos principalmente por arenitos finos com matriz siltico-argilosa com níveis subordinados de siltitos, argilitos (lamitos) e cascalhos à base de seixos de arenitos ferruginosos (lateríticas) e silixitos, de idade Terciário-Quaternária. As áreas de afloramento dessas coberturas em Mato Grosso do Sul ocorrem nos municípios de São Gabriel do Oeste e Chapadão do Sul (Lacerda Filho, 2006).

As águas das coberturas detrito lateríticas (TQDL) são classificadas como bicarbonatadas cálcicas ou cloretadas magnesianas em São Gabriel do Oeste (SANESUL/TAHAL, 1998).

Embora as coberturas detrito-lateríticas sejam muito explotadas para o abastecimento privado em São Gabriel do Oeste e inclusive para o abastecimento público em Chapadão do Sul, não existem estudos hidrogeológicos deste aquífero.

As coberturas detrito lateríticas, em São Gabriel do Oeste, ocorrem na superfície em aproximadamente 48% da área do município, seguido pelo afloramento das formações Botucatu/Pirambóia que abrigam o Aquífero Guarani em cerca de 43% da área, juntas essas unidades afloram em aproximadamente 91% da área municipal. Na Tabela 01 são apresentadas todas as unidades geológicas com ocorrência em superfície naquele município, em ordem cronológica. Deve ser destacado que as formações Serra Geral, Botucatu/Pirambóia e Aquidauana, ocorrem também naquela região em sub-superfície, porem sem delimitação e quantificação destas áreas não aflorantes.

Tabela 1 – Áreas de afloramento das unidades geológicas em São Gabriel do Oeste-MS.

Geologia	Área de Ocorrência (km²)	%
Aquidauana	130	3,37
Botucatu/Pirambóia	1.674	43,41
Serra Geral	99	2,57
Bauru	5	0,13
Coberturas detrito lateríticas	1.849	47,96
Aluviões	99	2,57
Total	3.856	100

2.3 Sistema Aquífero Guarani (SAG)

O SAG é formado pelas rochas sedimentares pertencentes ao Grupo São Bento, com características litológicas de duas fácies distintas, mas que constituem uma única unidade hidrogeológica. A Formação Pirambóia é a unidade basal, subjacente a Formação Botucatu, com maior espessura e extensão (Araújo et. al., 1999).

A litologia da Formação Pirambóia é caracterizada por um arenito esbranquiçado, às vezes com estratificação cruzada, com grãos sub-angulares e semi-arredondados, cimentação friável a compacta e intercalações siltico argilosas, formada predominantemente em ambiente continental flúvio-lacustre (Lacerda Filho, 2006).

A Formação Botucatu é caracterizada por um arenito rosado friável a duro, com estratificação cruzada, granulação médio-fina, bi-modal com grãos bem arredondados e esféricos, características de depósitos em ambiente desértico. Na área de estudo, o contato Botucatu/Pirambóia é marcado por um nível de sílex (SEPLAN, 1990).

O SAG é a unidade hidroestratigráfica mais importante da porção meridional do continente sul-americano, com área total superior a 1.000.000 km², compreendendo os países e suas respectivas áreas: Brasil (735.918 km²), Argentina (228.255 km²), Paraguai (87.536 km²) e Uru-

guai (36.170 km²). Em território brasileiro, o SAG aflora em área de 213.200 km², sendo 35.800 km² no Estado de Mato Grosso do Sul (OEA, 2009).

Toda a borda oeste do SAG funciona como um sistema praticamente isolado, com áreas de recarga e descargas associadas às faixas de afloramentos que condicionam a existência de um divisor de águas subterrâneas, nas proximidades das cidades de Dourados, Amambaí e Sidrolândia em Mato Grosso do Sul (Gastmans e Chang, 2005).

Os fluxos de água subterrânea ocorrem a partir da zona de recarga, situada a norte de Mato Grosso do Sul, para sudoeste, em direção à bacia hidrográfica do Pantanal, e para sudeste, em direção à calha do Rio Paraná. O fluxo das águas subterrâneas a partir da área de recarga (Figura 2), localizada ao sul do estado, também indica fluxo em direção ao Pantanal sul-mato-grossense e para o centro da Bacia do Paraná. Na região de São Gabriel do Oeste, o fluxo das águas subterrâneas é radial (Gastmans e Chang, 2005).

As águas do SAG apresentam heterogeneidades naturais, do ponto de vista físico-químico, como apontado no estudo hidrogeológico realizado pelo Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo. Silva et. al. (1983), com base em análises hidroquímicas e isotópicas, identifi-

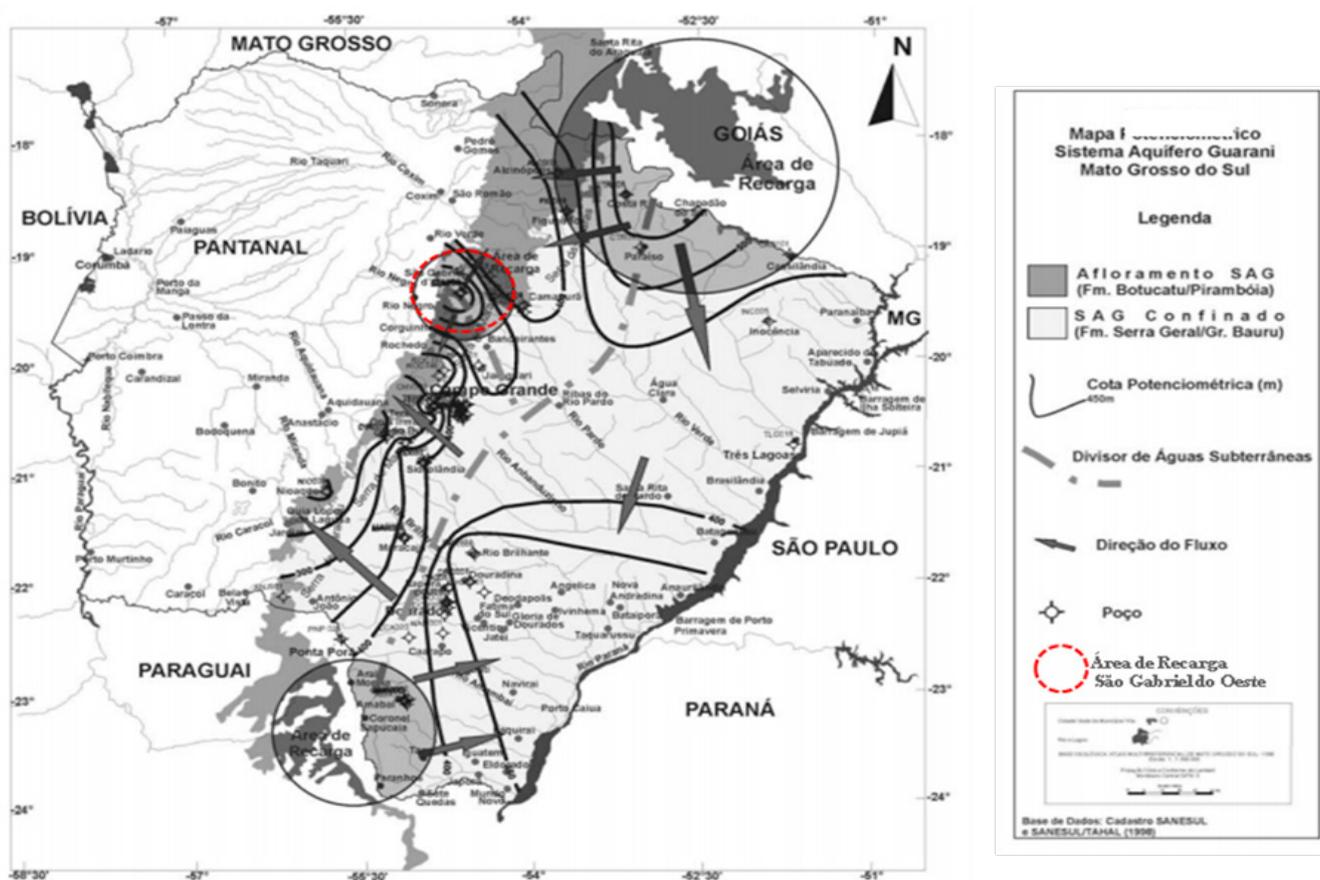


Figura 2 - Mapa Potenciométrico para o SAG no MS, elaborado por Gastmans e Chang, 2005, utilizando dados de SANESUL/TAHAL (1998). No detalhe o município de São Gabriel do Oeste-MS.

caram para as águas do SAG no Estado de São Paulo três fácies hidroquímicas diferenciadas em relação à distância da zona de recarga e à profundidade do aquífero, quais sejam: a leste na porção livre do Aquífero predomínio de águas bicarbonatadas magnesianas e cálcio-magnesianas, em uma faixa de contato dos sedimentos das Formações Botucatu/Pirambóia com os basaltos da Formação Serra Geral águas bicarbonatadas cálcicas a cálcio-magnesianas e em uma zona intermediária de confinamento presença de águas bicarbonatadas sódicas, evoluindo para cloro-sulfatadas sódicas. No SAG livre em Mato Grosso do Sul, as águas são bicarbonatadas cálcio-magnesianas e para o SAG confinado, águas bicarbonatadas sódicas (Gastmans et. al., 2010).

2.4 Compilação de Dados

Os trabalhos iniciais foram de pesquisa bibliográfica referente à geologia, hidrogeologia e hidroquímica nos Aquíferos Cenozóico e Guarani, a partir dos cadastros de poços tubulares na base de dados da Empresa de Saneamento Estadual (SANESUL) e dos dados de poços no município de São Gabriel do Oeste, constantes no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIA-GAS) com informações de perfis geológicos, estratigrafia, características construtivas e hidrogeológicas dos poços existentes.

Foram analisados os Boletins de Análises de Qualidade de Água do sistema municipal de abastecimento (Sistema Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, 2012), dos anos 2006 a 2012, referentes a oito poços que utilizam principalmente águas do Aquífero Guarani, sendo cinco urbanos, um de monitoramento na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), um no distrito do Areado e um no Assentamento Rural Campanário, totalizando 41 análises de potabilidade.

Como os parâmetros de análises de potabilidade não contemplam os analitos necessários para a classificação hidroquímica, utilizaram-se duas análises físico-químicas do Programa de Monitoramento de Águas Subterrâneas (Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas - RIMAS) do Serviço Geológico do Brasil.

As Amostras de água subterrânea do Aquífero Ce-

nozóico foram coletadas em poços tubulares, poços de monitoramento e poços rasos (cacimbas), num total de 24 amostras de poços existentes na sub-bacia do Córrego Capão Redondo. Foram utilizados também os resultados de análises de duas amostras coletadas no mês de maio de 2011 pelo Projeto RIMAS/CPRM, cujos poços de monitoramento encontram-se nas formações Botucatu/Pirambóia aflorante.

2.5 Tratamento de Dados e Interpretação de Dados

Utilizando o software *Aquachem 10.1 (Waterloo Hydrogeology)*, foi efetuada a análise gráfica e numérica dos dados utilizados em qualidade de água e ainda o software livre *Qualigraf*® G. Möbus Hidrogeólogo. Em ambos os aplicativos foram inseridos dados dos íons principais utilizados nos Diagramas de *Piper* e *Stiff* como Ca, Na, K, MG, HCO₃⁻, CO₃⁻, Cl, SO₄⁻, Fe e NO₃ constantes das análises existentes na área de estudo.

O padrão de potabilidade foi orientado com base na qualidade das águas subterrâneas (análises físico-químicas) determinadas à época dos resultados de algumas análises pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde e atualizado para nº 2914/2011 e Conama nº 396/2008. Verificou-se que alguns parâmetros obrigatórios para classificação hidroquímica não são relacionados nos parâmetros de potabilidade (Brasil, 2011), tais como os íons cálcio, magnésio e potássio, e os ânions bicarbonatos e carbonatos.

3 Resultados e Discussão

3.1 Análises Físico-Químicas

Na Tabela 02, são apresentadas as características físico-químicas das águas de aquíferos do Estado do Mato Grosso do Sul para valores frequentes.

Analisando os dados da Tabela 2, com relação ao parâmetro condutividade elétrica, que está diretamente relacionado aos sólidos totais dissolvidos (Custodio e Lamas, 1983), nota-se que as águas contidas na cobertura cenozóica possuem uma mineralização menor que

Tabela 2 – Características físico-químicas das águas de Aquíferos em Mato Grosso do Sul.

Aquífero	Concentração (MG. L ⁻¹)							
	CE*	Ph	Temp.	HCO ₃ ⁻	Ca	Mg	Na	K
Coberturas								
detrito	20	4,7	22-24	2,0	0,8-1,2	0,2-0,5	0-0,2	0-0,5
lateríticas								
Serra Geral	50-200	5,5-8,0	21-29	5,0-78	1,2-31	0,5-12	1,5-12	0,1-3,5
SAG livre	20-200	5-8	22-29	8-75	0-39	0,7-9	0,3-10	0,4-3,9
SAG confinado	250-870	8,5-9,5	35-44,5	100-110	1,2	1,7	40-170	0,4-1

*CE: Condutividade Elétrica (µS. cm⁻¹). Temp: Temperatura em °C. Fonte: Sanesul/Tahal, 1998.

as águas do SAG livre e, principalmente, em relação ao SAG confinado. Isto pode ser explicado pela maior velocidade do fluxo subterrâneo na primeira unidade, com menor tempo de reação água-rocha, retornando rapidamente à superfície em alguns pontos, como nível de base das drenagens. A Tabela 03 mostra resultados de duas análises físico-químicas apresentadas no Relatório Hidrogeológico do Mato Grosso do Sul (SANESUL/TAHAL, 1998), relativas a dois poços de São Gabriel do Oeste.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados de análises químicas de amostras de água em poços no Aquífero Guarani aflorante e no Aquífero Cenozóico, respectivamente, no município de São Gabriel do Oeste-MS.

Na Tabela 6 são apresentados os valores máximos e mínimos das análises químicas de 24 poços do Aquífero Cenozóico na sub-bacia do Córrego Capão Redondo, que se localiza a montante da área urbana do município de São Gabriel do Oeste. Para alguns parâmetros, como As e Pb, foram encontrados valores acima dos limites

Tabela 3 - Análises Físico-químicas de água subterrânea de poços São Gabriel do Oeste-MS (captando os Aquíferos Cenozóico mais Guarani)

Poço	Concentração (MG. L ⁻¹)														
	Ph	CE*	Ca	Cl	CO ₃	F	Fe	HCO ₃	K	Mg	Na	NO ₃	SO ₄	Dureza	STD
ETA001	4,7	11	1,2	1,5	0	0	0,05	2,0	0,5	0,2	0,2	0	0	4	40,0
ETA002	4,7	11	0,8	1,5	0	0	0	2,0	0,1	0,7	0,2	0	0	5	20,0

*CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Fonte: Sanesul/Tahal, 1998.

Tabela 4 – Resultados de análises físico-químicas de água subterrânea no município de São Gabriel do Oeste-MS do Aquífero Guarani aflorante.

	pH	CE*	Ca	Cl	F	Fe	HCO ₃	K	Mg	Na	NO ₃	SO ₄	Dureza	STD
Distrito do Areado	6,14	29,9	1,041	0,175	0,014	N.D.	26,92	7,17	0,716	1,415	1,635	0,06	6,18	0,014
Fazenda São João	6,45	25,8	1,055	0,264	0,017	N.D.	26,14	7,32	0,424	1,360	0,117	0,046	5,06	0,004

*CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Fonte: RIMAS, maio/2011.

Tabela 5 – Resultados de análises físico-químicas de água subterrânea no município de São Gabriel do Oeste-MS do Aquífero Cenozóico.

Poço	Concentração (MG. L ⁻¹)													
	pH	CE*	Ca	Cl	F	Fe	HCO ₃	K	Mg	Na	NO ₃	SO ₄	Dureza	STD
PM-1	6,5	13,7	1,31	0,30	<0,010	<0,005	4,1	0,28	0,26	0,55	1,88	0,32	4,34	19,7
PM-2	5,8	4,4	0,22	0,095	<0,010	<0,005	1,3	0,17	0,045	0,20	0,52	0,055	0,73	7,9
PM-3	6,3	7,0	0,48	0,096	<0,010	<0,005	4,0	<0,030	0,10	0,82	0,24	0,061	1,61	12,3
PM-4	6,1	3,1	0,17	0,037	<0,010	<0,005	1,9	<0,030	0,086	0,39	0,095	0,038	0,78	7,0
Lote 55	6,1	4,5	0,29	<0,010	<0,010	<0,005	2,6	<0,030	0,19	0,19	0,041	<0,020	1,51	13,9
Lote 56	6,1	3,6	0,25	0,01	<0,010	<0,005	1,9	<0,030	0,11	0,20	0,043	0,041	1,08	9,2

*CE: Condutividade Elétrica ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Fonte: RIMAS, maio/2011.

Tabela 6 - Análises Químicas de poços do Aquífero Cenozóico em São Gabriel do Oeste-MS.

	Concentração (mg.L ⁻¹)					
	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Desvio padrão	Portaria 2914/2011	Conama 396/2008
As	0,024330	0,000715	0,014054	7,014271	0,01	0,01
B	0,005190	0,000040	0,000939	0,001934	-	0,5
Ba	0,030000	0,002850	0,011155	0,007720	0,7	0,7
Ca	6,860000	0,086600	1,048123	1,516575	-	-
Cd	2,378000	0,455000	0,001215	0,563649	0,005	0,005
Cu	0,008480	0,000310	0,002557	0,002415	2	2
Fe	0,136600	0,027250	0,063094	0,027148	0,3	0,3
K	0,583000	0,111000	0,249803	0,139750	-	-
Mg	1,510000	0,010970	0,262337	0,409023	-	-
Mn	0,275000	0,002690	0,041658	0,064152	0,1	0,1
Na	2,985000	0,153500	0,451645	0,644981	200	200
Pb	0,053000	0,002500	0,015724	0,010705	0,01	0,01
SO ₄ ⁻	3,350000	0,181300	0,702308	0,658787	0,1	250
Se	0,027800	0,004670	0,018843	0,007912	0,01	0,01
Zn	44,000000	2,044000	0,020241	0,012046	5	5

definidos pelas legislações vigentes.

As análises utilizadas para este estudo apresentam erros de balanço iônico em torno de 10%, aceitáveis para fins de classificação hidroquímica (Feitosa e Manoel Filho, 2008).

3.2 Classificação Hidroquímica

As Figuras 3 e 4 apresentam os diagramas hidroquímicos, a partir de dados disponíveis da SANESUL/TAHAL (1998) (Tabela 2) e dos RIMAS (Tabela 4), obtendo-se a classificação da água do poço ETA 01 como bicarbonatada-cálcica e do poço ETA 02, bicarbonatada-magnésiana (Tabela 3). Para os dados RIMAS/CPRM as águas do Aquífero Guarani aflorante é bicarbonatada-sódica.

A ETA 01, pelo perfil analisado, utiliza água do Aquífero Serra Geral com água classificada como bicarbonatada cálcica, apresentando média de pH de 5,64 e sólidos totais dissolvidos de 46,6 MG. L⁻¹. A ETA 02 explora água do SAG, classificada como bicarbonatada magnésiana, embora, pelo perfil do poço, haja 20 metros de cobertura Terciário-Quaternária, cerca de 5 metros de basalto e 65 metros do Aquífero Guarani (Arenito Botucatu). Os valores dos parâmetros físico-químicos são aproximados dos valores da ETA 01.

O relatório da SANESUL/TAHAL (1998) classifica as águas das Coberturas Cenozóicas como bicarbonatadas cálcicas, em São Gabriel do Oeste, e ainda para o

SAG livre, como bicarbonatadas cálcio-magnésianas, e confinado, como bicarbonatadas sódicas.

A classificação hidroquímica para o poço no Distrito do Areado, com perfil geológico demonstrando apenas o Aquífero SAG em profundidade de 65 metros, indica tratar-se de afloramento dessa formação; a água é do tipo bicarbonatada sódica, classificação confirmada no Aquífero SAG na Fazenda São João, localizada sudoeste do Chapadão de São Gabriel do Oeste, contrariando a fácies química para áreas de recarga descrita por Manzano et. Al. (2012), a qual foi confirmada por Conceição et. al. (2009) em área de recarga do SAG no Estado de São Paulo, embora os valores de condutividade elétrica sejam compatíveis àqueles descritos para esta fácies (CE < 250 $\mu\text{S. cm}^{-1}$).

Para os poços PM-01 PM-02, PM-03, PM-04, Lotes n° 55 e 56 do Assentamento Campanário, as águas subterrâneas são oriundas do Aquífero Cenozóico e são classificadas como bicarbonatadas cálcio-magnésianas.

É importante ressaltar que os poços analisados, dependendo da vazão e da forma de construção, podem promover uma mistura de águas provenientes de distintos níveis do aquífero nas amostras coletadas, impondo desafios adicionais à interpretação hidroquímica desses dados.

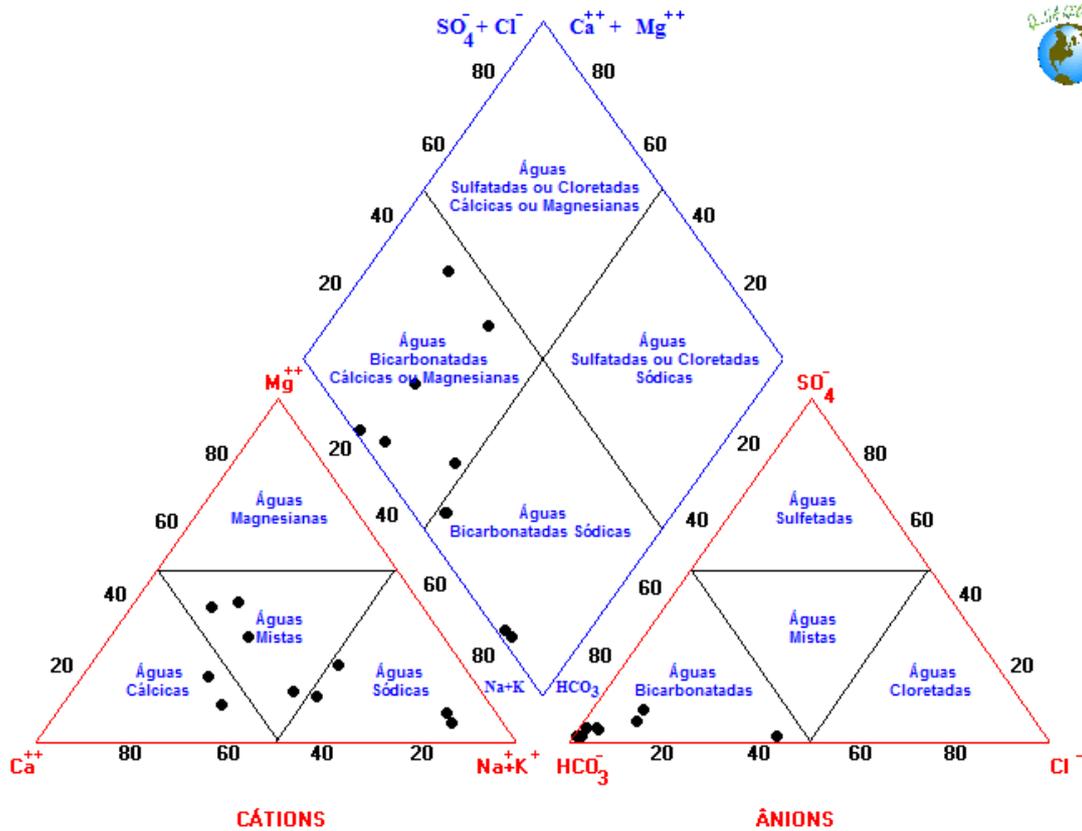


Figura 3– Diagrama de Piper para águas subterrâneas no município de São Gabriel do Oeste-MS.

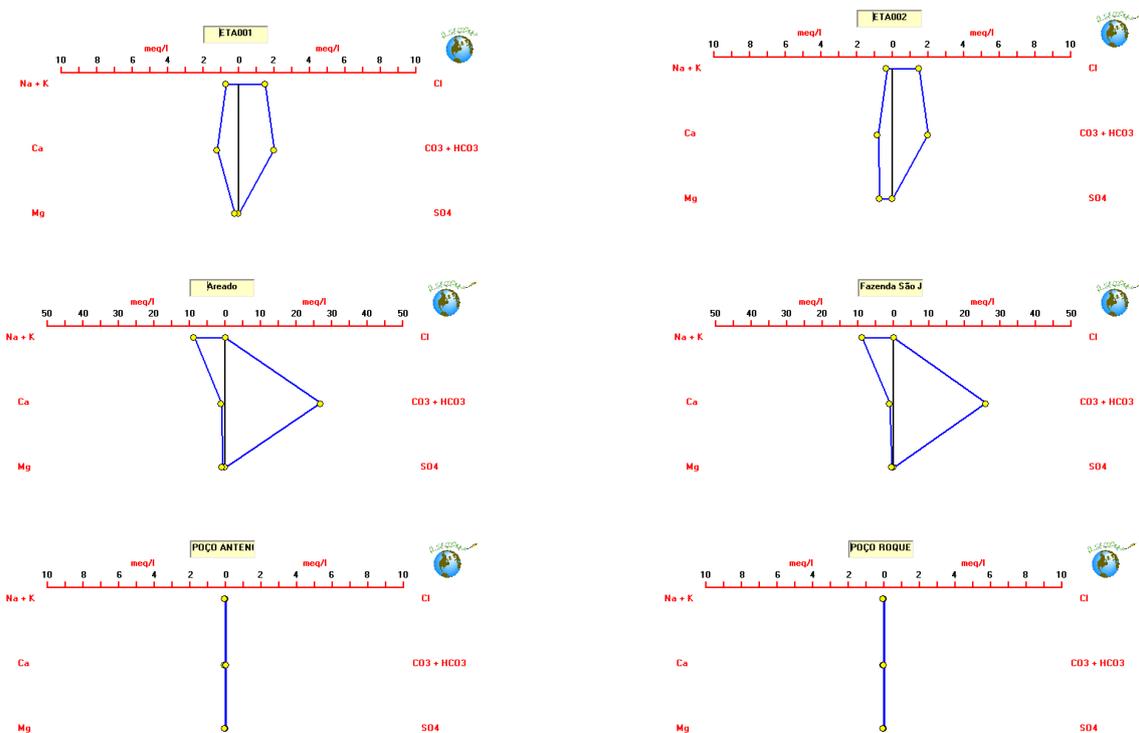
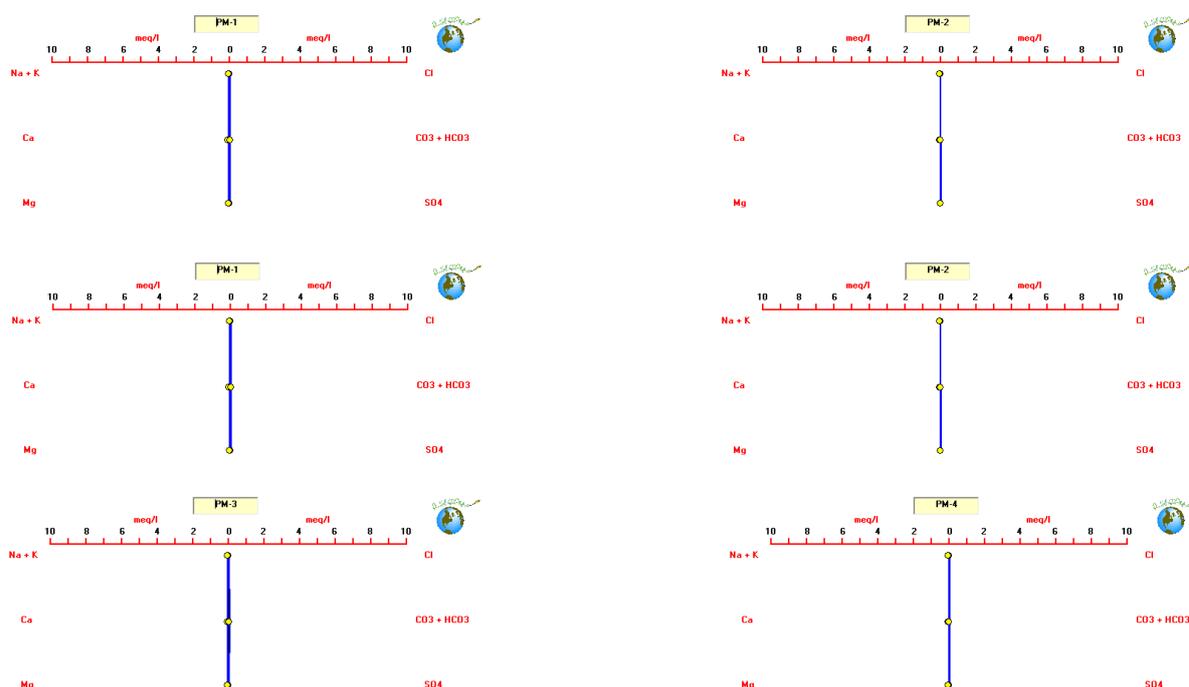


Figura 4– Diagramas de Stiff para águas subterrâneas no município de São Gabriel do Oeste-MS.

Continua...



Continuação...Figura 4– Diagramas de Stiff para águas subterrâneas no município de São Gabriel do Oeste-MS.

3.3 Conformidade às normas

Os resultados analíticos são comparados à norma de enquadramento de águas subterrâneas (Brasil, 2008) e ao padrão de potabilidade de água para consumo humano (Brasil, 2011).

Em relação à Resolução 396, de enquadramento das águas subterrâneas (Brasil, 2008), as águas da área de estudo são adequadas aos usos de dessedentação animal, irrigação e recreação, exceto ao consumo humano.

Na Figura 5 observam-se as concentrações de arsênio, chumbo e selênio medidas em amostras de água subterrânea em poços do Aquífero Cenozóico, as quais são superiores aos respectivos limites definidos pela portaria de potabilidade 2914/2011 (Brasil, 2011). Justifica-se tal comparação uma vez que todo o município, área urbana e rural, tem como fonte de abastecimento de água os mananciais subterrâneos. Na área urbana o abastecimento se dá principalmente por poços tubulares profundos, os quais captam água do SAG, enquanto na área rural, é comum o abastecimento por poços rasos, captações no SAC. As fontes desses metais podem ser naturais ou antrópicas. Encontra-se em andamento uma pesquisa buscando identificar possíveis fontes desses metais neste aquífero.

Ressalta-se, no entanto, independente da fonte, a importância do gerenciamento dos recursos hídricos no município, uma vez que o manancial subterrâneo é a única fonte de abastecimento de água e que os metais

encontrados são cumulativos no organismo e trazem riscos à saúde humana (Apelo, 2008; Márquez et. al., 2011).

Aspecto muito marcante no município de São Gabriel do Oeste relaciona-se ao uso e ocupação do solo. A área urbana, as agroindústrias, as granjas de suínos e aves, bem como toda a área com cultivo agrícola principalmente de soja, milho e algodão, localizam-se exclusivamente sobre a região denominada chapadão. Localmente essa unidade geomorfológica, de idade cenozóica, caracteriza-se por altitudes da ordem de 700 metros, constituída por solos argilo-arenosos, sustentados por níveis conglomeráticos detrito-lateríticos. Frequentemente nestas áreas de agricultura são efetuadas aplicações de agroquímicos, a correção e a adubação mineral do solo e, mais recentemente, a utilização de efluente líquido da suinocultura, originado dos biodigestores, para a fertirrigação.

Estas características descritas favorecem a contaminação do Aquífero Cenozóico, uma vez que este apresenta classes de vulnerabilidade à contaminação média a alta. (Santos et. al., 2012).

Nas áreas localizadas fora do chapadão, com altitudes entre 300 e 400 metros, predominantemente com solos arenosos associados ao afloramento das Formações Botucatu e Pirambóia, encontram-se somente pastagens com criação extensiva de bovinos. Neste último ambiente é possível observar remanescentes da vegetação de cerrado originária da região, impondo ao correspondente aquífero uma menor vulnerabilidade.

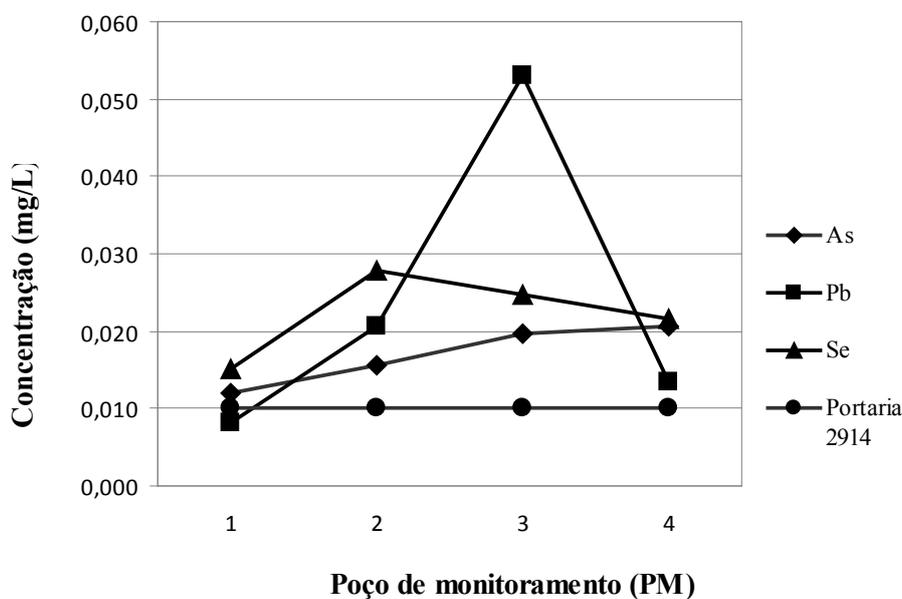


Figura 5 – Concentração de arsênio, chumbo e selênio em amostras de água de poços do Aquífero Cenozóico no município de São Gabriel do Oeste-MS.

4 Conclusões

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é previsto na Resolução Conama nº 396 de 2008 que propõe classes de qualidade para substâncias de ocorrência natural e de origem antropogênica, a fim de possibilitar ações diferenciadas para sua gestão.

O sistema de abastecimento público em São Gabriel do Oeste, exclusivamente de mananciais subterrâneos, apresenta boa potabilidade para o consumo humano, de acordo com as análises de potabilidade do Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAEE) dos anos de 2006 a 2012, com PH levemente ácido, que pode provocar corrosão de filtros dos poços.

As águas subterrâneas do Aquífero Cenozóico, em geral, apresentam baixos valores de sais dissolvidos em São Gabriel do Oeste. Águas pouco mineralizadas são observadas em outros aquíferos na área estudada.

Observou-se, no estudo, que as águas subterrâneas do SAG aflorante são bicarbonatadas sódicas, tanto a leste quanto a oeste do Chapadão de São Gabriel do Oeste, diferentemente das águas bicarbonatadas cálcicas magnesianas do Aquífero Cenozóico, no Chapadão. Nesta região, de acordo com análises químicas dos poços que explotam Aquífero Cenozóico, há concentrações de chumbo e arsênio superiores aos valores permitidos pela norma de potabilidade, cuja origem está sendo investigada em projeto de pesquisa em andamento. Considerando-se que este Aquífero é explotado pela totalidade dos estabelecimentos rurais que se situam no Chapadão, ressalta-se a importância da investigação de técnicas simples e de baixo custo de tratamento de água para se evitar a contaminação da população ali residente, uma vez que esses metais são cumulativos no organismo humano.

Adicionalmente, indica-se estudo hidrogeológico de detalhe para se avaliar a interação hidráulica entre o SAC e o SAG e vulnerabilidade do SAG à contaminação a partir das atividades econômicas desenvolvidas no Chapadão. Tais estudos permitirão a gestão integrada dos dois Aquíferos, essencial para o fornecimento de água com qualidade tanto para a área urbana como para a área rural.

Referências

- APELO, T., 2008. Arsenic in groundwater – a world problem. Netherland National Committee of IAH. Utrech.
- ARAÚJO, L.M.; FRANÇA, A.B.; POTER, P.E., 1999. Hydrogeology of the Mercosul Aquifer System in the Paraná and Chaco-Paraná Basins, South America, and comparison with the Navajo-Nugget Aquifer System, USA. *Hydrogeology Journal*, 7- p. 317-336.
- BRASIL, 2008. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 396 de 07 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília.
- BRASIL, 2011. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2914 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. Brasília.

- CONCEIÇÃO, F.T.; RAFAEL, C.; SARDINHA, D.S.; SOUZA, A.D.G.; SINELLI, O. 2009. Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto. **Geociências**. São Paulo, UNESP, v.28, n.1, p. 65-77.
- CUSTODIO, E. LLAMAS, M., 1983. Hidrología Subterránea. Omega Edições, Vol. I e II Espanha.
- EMBRAPA SOLOS, 2003. Zoneamento Agroecológico do Município de São Gabriel do Oeste, MS. Referencial para o Planejamento, Gestão e Monitoramento Territorial. CDroom, São Gabriel do Oeste.
- FEITOSA, F.A.C; MANOEL FILHO, J. (Coord.), 2008. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2ª Ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE.
- GASTMANS, D.; CHANG, K. H., 2005. Avaliação da Hidrogeologia e Hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul. *Águas Subterráneas*, v.19, n.1, p. 35-48
- GASTMANS, D.; CHANG, H.K.; HUTCHEON, I., 2010. Groundwater geochemical evolution in the northern portion of Guarani Aquifer System (Brazil) and its relationship to diagenetic features. *Applied Geochemistry*, 25, p.16–33.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2010. Contagem da população. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_mato_grosso_do_sul.pdf>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2012.
- LACERDA FILHO, J. V., 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado De Mato Grosso do Sul. Programa Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia. Convênio CPRM-SEPROTUR/MS- EGRHP/MS. Campo Grande.
- MANZANO, M.; GUIMARAENS, M. 2012. Hidroquímica del Sistema Acuífero Guaraní e implicaciones para la gestión. **Boletín Geológico y Minero**, v.123, n.3, p.281-295.
- MARQUEZ, E.B.; GURIAN, P.L.; BARUD-ZUBILLAGA, A.; GOODELL P.C., 2011. Correlates of Arsenic Mobilization into the Groundwater in El Paso, Texas. *Air, Soil and Water Research*. p. 19-29.
- ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS-OEA, 2009. Relatório do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. Programa Estratégico de Ação.
- PROJETO REDE INTEGRADA DE MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS-RIMAS, 2012. Relatório Diagnóstico Aquífero Guarani nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná. Bacia sedimentar do Paraná. Takahashi, A. T.; Mourão, M.A.A. Coord. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GABRIEL DO OESTE-MS, 2005. Atlas Municipal de São Gabriel do Oeste-MS.
- SANESUL/TAHAL, 1998. Estudos Hidrogeológicos de Mato Grosso do Sul. Relatório Final, Campo Grande, mapas V.I e II 736p.
- SANTOS, T.H.L.; MIRANDA, C.S.; LASTORIA, G; GABAS S.G.; SOUZA, A., 2012. Análise da vulnerabilidade em Aquífero livre na região de São Gabriel do Oeste-MS. Anais. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterráneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. CD-ROM. Bonito, MS.
- SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL - SEPLAN / CRN, 1990. Atlas Multirreferencial de Mato Grosso do Sul. Coordenadoria de Recursos Naturais, Mapas, Campo Grande, 28p.
- SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, DO PLANEJAMENTO, DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL, 2010. Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) MS, Editora UEMS, 194p.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2010. Domínios Hidrogeológicos. Disponível em (http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/visualizar_mapa.php), acesso em 01/10/2012.
- SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO-SAAE., 2013. Prefeitura de São Gabriel do Oeste. Relatório Anual.
- SILVA, R.B. G; DIOGO, A.; FRAIHA JUNIOR, S. 1983. Características Hidroquímicas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE-SP. Anais 2º congresso Brasileiro de águas subterráneas, Salvador, setembro/1983.