

# HIDROGEOLOGIA E QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA CIDADE DE TRÊS LAGOAS/MS

André Luiz Pinto

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e social de qualquer sociedade está vinculado à disponibilidade de água doce de boa qualidade, à capacidade de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos, podendo, seu grau de desenvolvimento, ser aferido pela preocupação que a sociedade dedica a esses recursos.

Na atualidade, a utilização dos recursos hídricos subterrâneos tende a aumentar, tanto pelas necessidades decorrentes da expansão populacional da sociedade de consumo e de sua urbanização, como pelas vantagens financeiras em relação às águas superficiais, que se encontram, de forma geral, contaminadas e carecendo de onerosos tratamentos não convencionais. Nestas condições, os aquíferos, em diferentes áreas do território nacional, estão sujeitos aos impactos da expansão descontrolada de poços e da ocupação indiscriminada do solo, o que põe em risco a qualidade da sua água (FOSTER; HIRATA, 1991).

A introdução de substâncias químicas no uso do solo, o uso de agrotóxicos e outros tipos de aplicações têm promovido mudanças nas características naturais dessas águas. Desse modo, a contaminação das águas subterrâneas por atividades antrópicas tem causado o abandono de muitos poços e a perda de importantes mananciais, pois o custo de sua recuperação é altíssimo e moroso.

Segundo Shiklomanov (1997), cessando a fonte de contaminação, a autodepuração das águas subterrâneas demora, em média, pelo menos 1.400 anos. Portanto, a degradação dos aquíferos pode ser considerada como processo irreversível, sobretudo em países subdesenvolvidos.

A preocupação com a expansão do parque industrial da cidade de Três Lagoas e com os cultivos das florestas de eucalipto e de cana-de-açúcar e seus possíveis impactos na qualidade das águas subterrâneas fez surgir este artigo, que apresenta informações hidrogeológicas do município de Três Lagoas e as correlaciona com os ensaios de qualidade das águas dos poços tubulares urbanos da Empresa de Saneamento Básico do Mato Grosso do Sul (SANESUL), localizados na cidade de Três Lagoas.

Os resultados analíticos da qualidade das águas, obtidos do Laboratório Central da Secretária de Estado da Saúde (LACEM), foram comparados com a legislação da Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, que estabelece limites de valores máximos permitidos dos parâmetros avaliados, e com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396, de 3 de abril de 2008, que enquadra os corpos de águas subterrâneas conforme suas limitações de uso. Em seguida, correlacionados com as condições hidrogeológicas do município, enfatizando o alto risco potencial de contaminação dos aquíferos Bauru e Botucatu. A caracterização hidrogeológica foi elaborada através dos perfis geológicos dos poços de propriedade da SANESUL, no município de Três Lagoas, e de ampla revisão bibliográfica sobre as formações existentes na área de estudo.

Apesar da constatação da ausência de contaminantes que podem comprometer seriamente a qualidade das águas subterrâneas do município, observou-se que, diante do crescimento do parque industrial, com indústrias que manipulam elementos químicos, como solventes, tinturas, entre outros, altamente tóxicos e de fácil veiculação por meio hídrico, ainda mais poroso e fraturado, e das florestas de eucalipto e de cana-de-açúcar, que utilizam elevada carga de adubação química e de agrotóxicos, há grande risco potencial de contaminação do aquífero Bauru (Santo Anastácio e Adamantina) e do Botucatu, os quais funcionam como verdadeiras esponjas, constituindo bons armazenadores de água, porém de fácil contaminação.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **Hidrogeologia do Município de Três Lagoas**

O município de Três Lagoas assenta-se sobre o Grupo Bauru, que compreende as Formações Santo Anastácio e Adamantina, com aluviões recentes em seus limites, ao longo do canal principal dos rios Sucurú e Verde (Figuras 01 e 02).

A Formação Serra Geral, por sua vez, posiciona-se sobre a Formação Botucatu (Figura 01).

### **Aluviões Atuais**

Os aluviões fazem parte do eon Fanerozóico, era Cenozóica, período Quaternário/ Holoceno, e datam de, aproximadamente de dez mil anos. Esse domínio apresenta depósitos sedimentares sob forma de elúvios, colúvios, alúvios e lateritos ferruginosos.

Nos depósitos do Rio Paraná, na Ilha Grande, observa-se acumulações de até 3 km de largura. Esses depósitos recentes caracterizam-se por cascalhos, areias e argilas, predominando as frações arenosas. No município de Três Lagoas, além das áreas marginais do rio Paraná e Ilha Grande, estes adentram ao longo do canal principal dos rios Verde e Sucurú (Figura 01 e 02).

Os cascalhos são representados por grânulos, seixos, blocos e matacões compostos, predominantemente, por quartzo. As areias são quartzosas, variando de finas a grosseiras, com classificação variável. Silte e argila são também comumente observadas, porém em menor intensidade que as areias. A composição dos sedimentos varia de região para região, estando em consonância com as litologias retrabalhadas, pois os sedimentos holocênicos cortam indistintamente terrenos arqueozóicos, proterozóicos e fanerozóicos (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

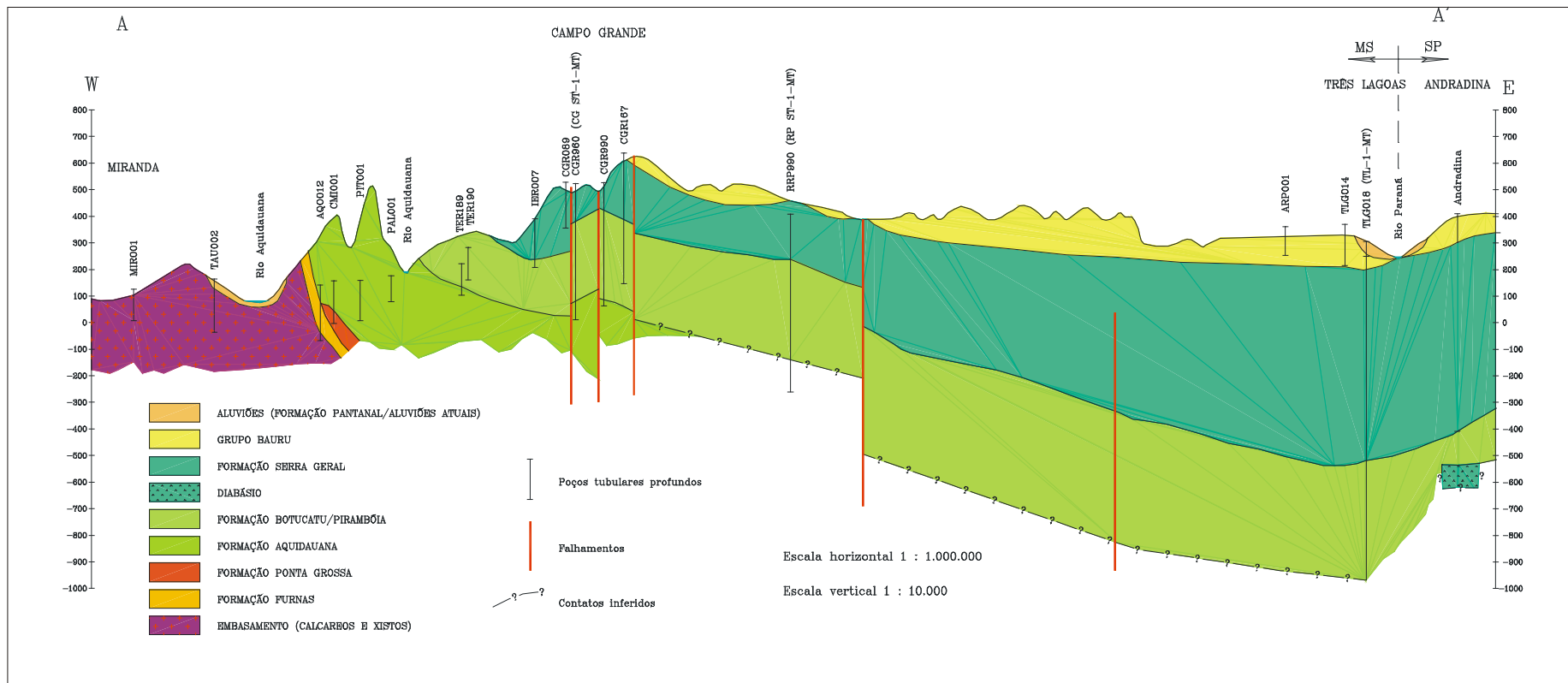


FIGURA 01- PERFIL HIDROGEOLOGICO DO MATO GROSSO DO SUL

## Grupo Bauru

Trata-se de um degrau da borda do planalto do Paraná, de idade cretácea superior, composto por depósito de grez quase sempre maciço, raramente estratificado, de cimento calcário mais ou menos argiloso. É pouco resistente, de fácil desagregação e, em superfície, toma o aspecto de um conglomerado cheio de cavidades. Nesse grez não se encontram mais as rochas eruptivas que se intercalam nos grez inferiores. Esse Grupo cobre toda a extensão do divisor entre o rio São José dos Dourados, os rios Turvo e Grande, e todo o planalto a Sul do Tietê, desde Bauru até a depressão do rio Paraná (BRASIL, 1984).

Pacheco (1913), Moraes Rego (1930 e 1935) e Washburne (1939) usam a denominação de Formação Bauru. Almeida e Barbosa (1953) utilizam o termo série para o Bauru, dividindo-o nas formações Itaqueri (basal) e Bauru (superior). De acordo com Mezzalana (1974), a Formação Bauru, de Freitas (1964), seria correlacionável à Formação Marília, de Almeida e Barbosa (1953), somente quanto a sua posição estratigráfica, mas litologicamente distinta. Arid (1967 e 1973) considera a série Bauru indivisa, denominando-a de formação, propondo a exclusão das formações Marília e Itaqueri, com base em suas descontinuidades geográficas.

Barbosa et. al. (1970) dividem a Formação Bauru, na região do triângulo mineiro, nas fácies Uberaba, Ponte Alta e Bauru, ao mesmo tempo em que correlacionam com a Formação Serra Negra, suas bacias do Maranhão e São Francisco. Suguio (1973) salienta que o termo série foi usado de modo incorreto por Freitas (1955), pois os membros definiram uma formação. Dessa maneira, dividiu a formação em fácies Ponte Alta ou Itaqueri e Bauru (superior).

Soares e Landim (1976) e Landim e Soares (1976) dividiram a Formação Bauru em dois membros: *Membro superior*: fácies arenito-tufáceas; fácies calcoconglomeráticas e fácies siltito-arenosas, e *Membro inferior*: fácies arenito argilosas e fácies arenito fino (Fácies Santo Anastácio). Coimbra (1976), baseado em observações de campo e laboratório, divide a Formação Bauru em três fácies: Fácies A - inferior, correlacionável ao membro inferior de Soares e Landim (1976);

Fácies B- intermediária, correlacionável à fácies Uberaba, de Barbosa et al. (1970), fácies C- superior, engloba a Formação Marília, de Almeida e Barbosa (1953), as fácies Ponte Alta e Bauru de Barbosa et al. (1970), correlacionáveis às fácies calcoconglomeráticas de Soares e Landim (1976).

Suguio et al. (1977) propõem a divisão da Formação Bauru nas litofácies Araçatuba, São José do Rio Preto e Marília. Soares et al. (1979) propõem a divisão da Formação Bauru em: *parte inferior*, contendo as fácies Santo Anastácio e Ubirajara; *parte média*, que inclui a fácies Taciba, e a *parte superior*, que inclui a fácies Marília. Stein et al. (1979) dividem o Grupo Bauru em uma unidade inferior e outra superior. A unidade inferior foi dividida em fácies B, fácies Ubirajara, de Soares et. al. (1979); e a unidade superior conteria a fácies B3, Formação Marília, de Almeida e Barbosa (1953).

Suguio (1980) divide o Grupo Bauru nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, São José do Rio Preto, Uberaba e Marília.

Soares et. al. (1980) propõem a divisão do grupo Bauru nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, respectivamente, da base para o topo. Essa subdivisão foi adotada por Almeida et. al. (1980) e por Almeida e Melo (1981), no mapa geológico do Estado de São Paulo.

## **Formação Adamantina**

Data do eon Fanerozóico, era Mesozóica, período Cretáceo Superior, Grupo Bauru, e remonta a, aproximadamente, 90 milhões de anos. A Formação Adamantina constitui-se, essencialmente, de arenitos finos a médios subarsenos, de colorações variando entre cinza-róseo, cinza esbranquiçado e amarelo esbranquiçado. Os grãos médios apresentam-se subarredondados, enquanto os grãos mais finos são predominantemente subanulosos. Geralmente estes arenitos apresentam uma matriz algo argilosa e pouco consistente. O aspecto brechóide, a

tendência ao concrecionamento, bolas de argila, orifícios tubiliformes, nódulos, fragmentação tipo “confete” e em “bastonetes”, esfoliação esferoidal, além de estruturas cinéticas, como plano-paralelas, laminações tubulares e entrecruzadas e ainda estratificações cruzadas de pequeno a médio porte, intercalações cíclicas das rochas areníticas, argílicas e silticas aliadas a lentes conglomeráticas imprimem uma condição mais dinâmica ao pacote rochoso, caracterizando sobremaneira a presente unidade. Segundo Soares et al. (1979), a Formação Adamantina é composta pela litofácies Ubirajara, Taciba e São José do Rio Preto.

### **Formação Santo Anastácio**

Também data do eon Fanerozóico, era Mesozóica, do período Cretáceo. Faz parte do Grupo Bauru e possui cerca de 110 milhões de anos. A Formação Santo Anastácio localiza-se no Rio Santo Anastácio, estado de São Paulo, e acompanha a configuração Cartográfica imprimida pela subposta Formação Caiuá, com sua individualização dificultada pelo espesso e constante solo arenoso, além da inexpressividade de seus afloramentos, e sucede sobre ela um pacote de arenitos de origem fluvial e a Formação Bauru, situada acima. Na parte inferior da Formação Santo Anastácio destaca-se um arenito cinza-pardo, vermelho-arroxeadado ou creme, encontrando-se sempre envolto por uma película limonitizada.

A granulação é predominantemente fina, esporadicamente média e grosseira, mostrando a presença de um cimento siltico e carbonático, que gradativamente vai aumentando; detectam-se sempre tênues intercalações siltico-argilosas, tornando-se mais espessas para cima. Em sua camada superior, observou-se arenito fino a médio, creme-avermelhado ou pardacento, de seleção média, com cimento silicoso e carbonático mais frequente (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

## **Formação Serra Geral**

Faz parte do eon Fanerozóico, era mesozóica, período Jurássico, é do grupo São Bento, com aproximadamente 150 milhões de anos. A Formação Serra Geral, parte Superior do Grupo São Bento, mostra uma expressiva área de ocorrência, aparecendo a partir do extremo sul do Estado, até confrontar-se com o Chapadão do Taguari, passando por Três Lagoas até o limite com o vizinho estado do Mato Grosso do Sul. Litologicamente, as exposições dos derrames basálticos são constituídas por rochas de cores verde e cinza-escuro, localmente com brilho vítreo, granulação fina a média, afanítica, ocasionalmente porfirítica, quando alteradas superficialmente adquirem coloração amarelada, intercaladas por quartzo, calcita ou notronita (Figuras 01 e 02).

A disfunção colunar e a esfoliação esferoidal, estruturas típicas de derrames espessos, ocorrem também em corpos intrusivos, ocupando uma posição aproximadamente média a alta na sucessão dos derrames, quando costumam, por vezes, mostrar diaclassamentos poligonais. A presença de arenitos intertrapeados, sugerindo origem eólica e às vezes subaquosos, é evidenciada com certa frequência ao longo das faixas de domínio do basalto pertencente à Formação Serra Geral. Comumente, esses arenitos apresentam-se intensamente afetados pelo vulcanismo, o que os faz apresentarem-se com fortes recozimentos (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

A idade desta unidade, determinada com base em datações radiométricas, efetuadas por Amaral (1966), é de 110 a 125 milhões de anos, correspondendo ao Cretáceo inferior. De acordo com Cordani e Vandomos (1967), os derrames teriam ocorrido já no Jurássico Superior.

## **Formação Botucatu**

Faz parte do eon Fanerozóico, era Mesozóica, período Jurássico. Pertence ao Grupo São Bento e tem aproximadamente 180 milhões de anos. Litologicamente,



apresenta arenitos finos e muito finos, médios, esporadicamente micro-conglomeráticos e/ou grosseiros, com siltitos e argilitos subordinados. Estruturas predominantes referem-se a estratificações cruzadas acanaladas, de pequeno a grande porte. A Formação Botucatu estende-se a partir do Sudoeste do Estado (divisa com o Paraguai, município de Bela Vista), em faixa contínua, num sentido aproximado de SW-NE, onde os contrafortes da Serra Preta (Norte do Estado do Mato Grosso do Sul) adentram o contíguo Mato Grosso. Litologicamente, foram detectados arenitos finos a muito finos, bem selecionados, apresentando feições evocativas de “micropontamentos”, o que caracteriza, muitas vezes, processos de abrasão eólica (impacto entre os grãos carregados pelo vento). A presença nestas rochas de grãos foscos, associados às estratificações cruzadas planares de grande porte, tende a confirmar o transporte e a deposição eólica em ambiente desértico. Muitas vezes tais rochas mostram-se bastante salicificadas, porém, é comum seu alto poder de desagregação, causando, em decorrência, os típicos areões (MATO GROSSO DO SUL, 1990). Outros trabalhos, como os de Mendes (1961); Bjornberg e Landim (1966); Salamuni e Bigarella (1967); Fúlfaro e Bósio (1968) e Paraguassu, (1970), embora acentuem significativa ocorrência destes sedimentos fluviais, usaram outras qualificações como fácies ou litotipo para o Pirambóia e Santana, ou mesmo abandonaram tais designações.

A designação Formação Botucatu tem sido usada, ainda, para incluir toda a seção mesozóica pré-vulcânica. Mendes (1971), numa avaliação dos progressos do conhecimento da estratigrafia da Bacia do Paraná, lembra recentes pesquisas que demonstram serem dominantes as fácies subaquosas na Formação Botucatu, ao menos nos dois terços inferiores da sua espessura, considerando desprovidos de sentido os nomes Pirambóia e Santana.

Dentre as obras recentes que tratam do aquífero Guarani e que dispõem de informações hidrogeoquímicas destacam-se os trabalhos de Vidal e Kiang (2002) e de Gastmans (2005), os quais reforçam a sua elevada suscetibilidade de contaminação.

Campani e Kiang (2002) publicaram trabalho sobre a Caracterização Hidroquímica dos Aquíferos da Bacia de Taubaté, correlacionando-a com a formação do solo no aquífero Guarani.

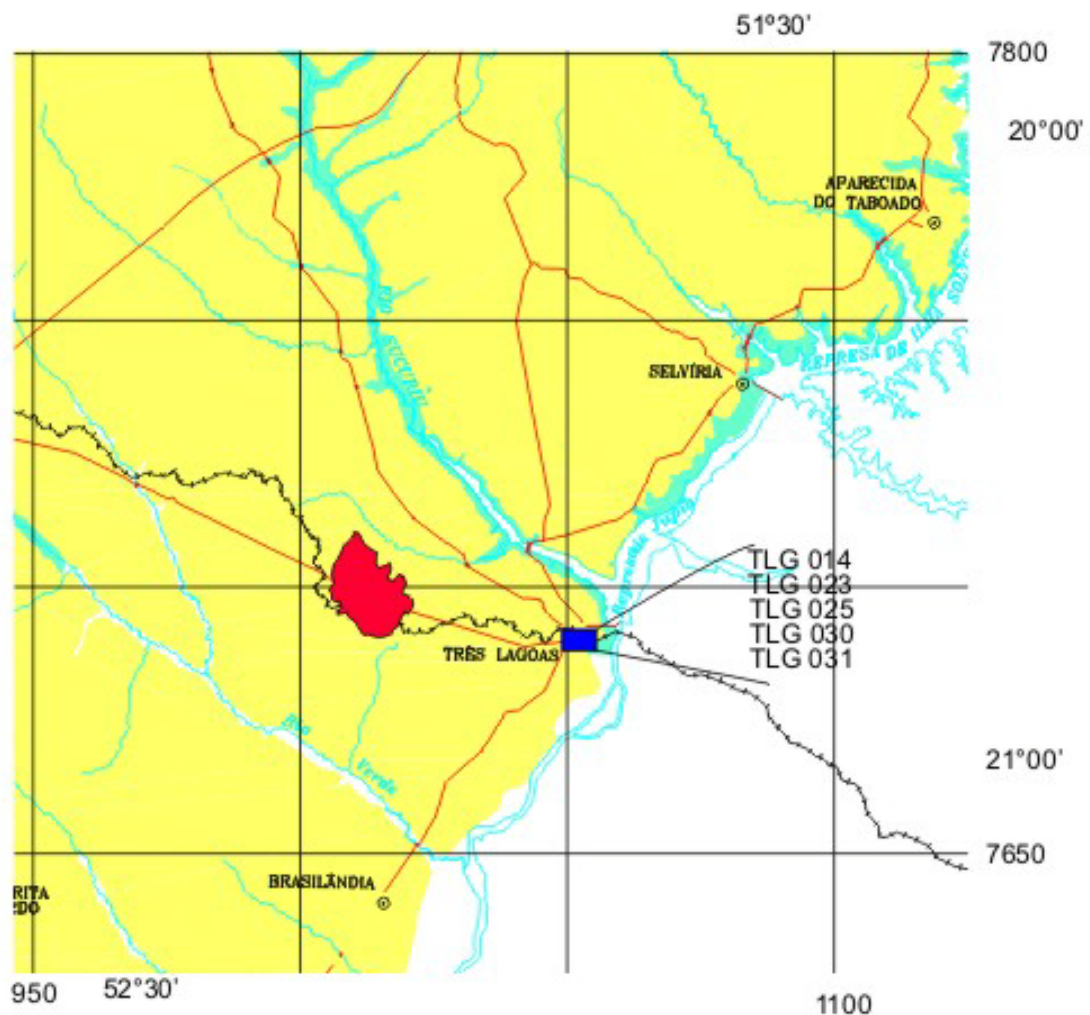
Gastmans (2005), utilizando-se de perfis geológicos de poços tubulares, localizados ao longo da serra de Maracaju/Campo Grande, onde aflora a Formação Botucatu, faz uma avaliação hidrogeológica do sistema aquífero Guarani no Estado de Mato Grosso do Sul e aponta sua fragilidade de contaminação, em especial na cidade de Campo Grande e em municípios vizinhos, que cultivam a soja com grande uso de agrotóxicos.

### **Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Três Lagoas**

Neste trabalho, foram utilizados dados de qualidade das águas subterrâneas do Laboratório Central da Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso do Sul, de cinco poços tubulares da cidade de Três Lagoas, referente ao período que compreende o mês de agosto de 2006.

As metodologias analíticas, coleta e preservação das amostras, seguiram as normas do APHA, AWWA, WPCF e do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20ª edição, de 1998.

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A legislação é específica para atendimento de água servida para a população.



**FIGURA 02- UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE TRÊS LAGOAS**

- GRUPO BAURU/ F. SANTO ANASTÁCIO
- GRUPO BAURU/ F.ADMANTINA
- FORMAÇÃO SERRA GERAL
- ALUVIÕES RECENTES

ESCALA:  
1:10.000

FONTE:  
TAHAL Consulting  
Engineer Ltda (1998)

A Resolução CONAMA nº 396, de 2008, dispõe sobre a classificação de corpos de água, estabelecendo limites para pH em águas brutas de 6 a 9, enquanto que a Portaria nº 518/04 estabelece uma recomendação no sistema de distribuição de pH na faixa de 6,0 a 9,5.

As amostras coletadas foram encaminhadas para o LACEN/ MS, por meio das prefeituras. As recomendações técnicas seguem as características do Standard Methods (1998), para os procedimentos de coleta e preservação de amostras e análises laboratoriais.

A **Tabela 01** mostra os parâmetros utilizados pelo LACEN para a avaliação das amostras de água e os métodos aplicados para a sua execução.

**Tabela 01: Parâmetros analisados e metodologias aplicadas**

| Parâmetros                   | Unidade   | Metodologia           |
|------------------------------|---|-----------------------|
| <b>Microbiologia</b>         |   |                       |
| 1 Coliformes Termotolerantes | UFC.100 mL <sup>-1</sup>                                | Membrana Filtrante    |
| 2 Coliformes Totais          | UFC.100 mL <sup>-1</sup>                                | Membrana Filtrante    |
| <b>Físico-Química</b>        |   |                       |
| 3 Cor                        | mg de Pt-Co.L <sup>-1</sup> (uH)                        | Colorímetro           |
| 4 Cloretos                   | mg de Cl <sup>-</sup> . L <sup>-1</sup>                 | Dicromato de Potássio |
| 5 Nitratos                   | mg de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N. L <sup>-1</sup> | Redução Cádmio        |
| 6 Nitritos                   | mg de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N. L <sup>-1</sup> | Sulfanilamida         |
| 7 pH                         | -   | Medidor de pH         |
| 8 Turbidez                   | NTU   | Turbidímetro          |
| <b>Metais</b>                |   |                       |
| 1 Cálcio                     | mg de Ca. L <sup>-1</sup>                               | Fotômetro de Chama    |
| 2 Potássio                   | mg de K. L <sup>-1</sup>                                | Fotômetro de Chama    |
| 3 Sódio                      | mg de Na. L <sup>-1</sup>                               | Fotômetro de Chama    |

A **Tabela 02** mostra os valores máximos obtidos das análises laboratoriais.

**Tabela 02-** Valores máximos encontrados nas amostras coletadas nos poços urbanos da SANESUL de Três Lagoas, em 2006.

| Três Lagoas / Poços | Profundidade (m) | Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais (UFC) | Nitratos mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . N.L <sup>-1</sup> e Nitritos mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> . N.L <sup>-1</sup> | pH  | Cor mg Pt-Co.L <sup>-1</sup> | Cloretos mg Cl <sup>-</sup> .L <sup>-1</sup> | Turbidez NTU | Na mg Na. L <sup>-1</sup> | K mg K. L <sup>-1</sup> | Ca mg Ca.L <sup>-1</sup> |
|---------------------|------------------|--|---|-----|------------------------------|--|--------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| TLG014              | 160              | A e 7,9  | 3,30 e nd   | 7,7 | nd                           | 35   | 1,5          | 17,8                      | 6,6                     | 9                        |
| TLG023              | 83               | 1 e 8,4  | 4,1 e 1,1   | 7,5 | 20                           | 37   | 34,0         | 20,0                      | 7,1                     | 9,5                      |
| TLG025              | 86               | 2 e 8,1  | 3,5 e 1,0   | 7,9 | 1                            | 40   | 5,2          | 19,8                      | 6,9                     | 11,1                     |
| TLG030              | 120              | A e 9,2  | 4,0 e nd  | 7,1 | nd                           | 33   | 4,3          | 21,3                      | 7,5                     | 8,7                      |
| TLG031              | 77,3             | 1 e 7,8  | 3,0 e 1,0   | 7,3 | 1                            | 34   | 3,7          | 32,9                      | 6,5                     | 10,2                     |

Legenda: nd = não detectável; \* = dados indisponíveis, A = ausente.

Fonte: Mato Grosso do Sul (2006).

Em relação aos coliformes termotolerantes, os poços TLG 014 e TLG030, os mais profundos analisados, apresentaram-se em conformidade com a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, que estabelece como AUSENTE para potabilidade, e os poços TGL 023, 025 e 031 ultrapassam esse limite, o da resolução 396/08 CONAMA, que prega para as classes especiais 1, 2 e 3 ausência em 100 ml e até 4.000 por 100ml para classe 4. Já as concentrações de coliformes totais, em todos os poços, obtiveram concentrações acima do valor máximo permitido, posicionando-se entre 7,8 e 9,2 UFC, mesmo o poço mais profundo que atinge a Formação porosa Botucatu, composta por arenitos marcados por falhas, o TLG 014 com 160 de profundidade. Os demais poços captam água da Formação porosa arenítica/falhada Santo Anastácio, pertencente ao grupo Bauru. Apesar de baixas concentrações, esses valores a desqualificam para consumo humano *in natura* e apontam a existência de fontes de contaminação que atingem até 160m de profundidade e que emitem plumas de contaminação que podem, ao longo do tempo, ser concentradas. Para tanto, é preciso avaliar a fonte dessa contaminação, se ocorre por falta ou ineficiente proteção do poço ou por percolação de contaminantes, além de linhas de falhas e fissuras que cortam o município.

A concentração de nitratos e nitritos encontra-se abaixo de 10 mg de  $\text{NO}_3^-$ -N.L<sup>-1</sup> e 1,0 mg de  $\text{NO}_2^-$ -N.L<sup>-1</sup>, conforme a Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 396/08. Contudo, vale salientar que o nitrato é cumulativo no organismo humano e cancerígeno e que, apesar de oscilar entre 3,0 e 4,1 mg/l, cerca de 70% da cidade de Três Lagoas tem seus domicílios ligados a fossas negras ou rudimentares, edificadas em aluviões recentes e na Formação Santo Anastácio, que constituem excelentes fornecedores de nitrogênio, que podem se mineralizar e se transformar em nitrato.

Os valores de pH estão abaixo do limite mínimo permitido para águas brutas, Resolução CONAMA nº 396/08, que pode variar de 6 a 9.

Para o parâmetro de Cor, os valores se apresentaram abaixo da legislação, que é de 15 mg de Pt-Co.L<sup>-1</sup>, com exceção do poço TLG 23, que possui elevado teor de ferro.

Também em relação à Turbidez, os poços TLG 023 e 025 apresentaram valores acima do vmp, que na Portaria nº 518/04 é de 5 NTU, e na resolução CONAMA 396 é de 40 NTU. Os demais estão abaixo dessa concentração.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Os parâmetros de coliformes termotolerantes e totais das águas subterrâneas de Três Lagoas registraram resultados em desconformidade com a legislação, sendo estas águas fonte de doenças patogênicas, se consumidas sem tratamento. Desse modo, é preciso avaliar as fontes dessa contaminação, a essa profundidade, para evitar o aumento da contaminação, a redução ainda maior da qualidade dessas águas brutas e a elevação do custo de seu tratamento.

Apesar de o município apresentar resultados de nitrato abaixo da legislação, sua concentração pode aumentar devido ao ambiente hidrogeológico poroso e fraturado das formações Santo Anastácio e Botucatu, à expansão da cidade sem rede coletora e tratamento de esgoto, e ao costume local de enterramento de resíduos sólidos, ricos em compostos nitrogenados. A preocupação com este problema se justifica pelo fato dos parâmetros de nitrato estarem relacionados à doença de metahemoglobinemia, principalmente em crianças.

O presente artigo ressalta a necessidade de planejamento para avaliar a qualidade das águas subterrâneas, que estão sendo utilizadas para fins domésticos e de potabilidade, e de um programa de conscientização em saúde pública e educação ambiental, como ferramenta para contribuir para uma população mais saudável e livre dos riscos de contaminação de doenças de veiculação hídrica.

Conclui-se também pela necessidade de uma análise mais profunda e detalhada dos aquíferos porosos e falhados, que recobrem o município, com dados de outros parâmetros complementares, estabelecidos em lei, para melhor avaliação da sua qualidade e para contribuir com o ordenamento do uso, ocupação e manejo do solo, visando à proteção e conservação das reservas de águas subterrâneas, em especial do aquífero estratégico para o Brasil, o Guarani.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O. Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. **Boletim da Divisão Geológica e Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral**. Rio de Janeiro, n. 143, p. 1-96, 1953.

ALMEIDA, F. F. M.; BARBOSA, O.; MELO, M.S. Geologia do estado do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**. SBG. Camburiú. Santa Catarina. V.5, 1980: p.799-812.

ALMEIDA, F.F.M.; MELO, M.S. A Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico. In: São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1: 500.000**, São Paulo PROMINÉRIO, 1981. v. 1, p.46-81.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20<sup>th</sup> edition, Washington D.C., 1998.

ARID, F. M. A Formação Bauru na região norteocidental do Estado de São Paulo. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, São José do Rio Preto, n. 1, p.1-126, 1967.

ARID, F. M. Comportamento espacial da Formação Bauru na região norte- ocidental do Estado de São Paulo **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, São José do Rio Preto, v 3, n. 1, p. 23-35, 1973.

BARBOSA, O.; GOMES, F.; COSTA, L. A. M. Geologia econômica de parte do Triângulo Mineiro. **Boletim da Divisão de Fomento a Produção Mineral do Departamento Nacional de Produção Mineral**. Rio de Janeiro, n.136, 140 p., 1970.

BRASIL. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Ministério da Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, 1984, p. 541.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2004.

BRASIL. Ministério do meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008**, dispõe sobre as classificações e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília. Brasil, 2008. 13 p.

BJORNBERG e LANDIM, P. M. D. B. Sobre os arenitos da Serra da Mantiqueira e os arenitos da Formação Botucatu (Eocretáceo). **Boletim Paranaense de Geográfica**. Curitiba n.18/20, p. 19-24, 1966.

CAMPANI, V.; KIANG, C. Caracterização hidroquímica dos aquíferos da bacia de Taubaté. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo, 2002. p. 5-15.

CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J. J. *et al*, (Eds.) **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. CNPq. Curitiba, 1967, p. 207-310.

COIMBRA, A. M. **Arenitos da Formação Bauru**: estudo de áreas fontes. São Paulo. Instituto de Geociências. USP, 1976. (Dissertação de Mestrado).

FOSTER, S. S. D; HIRATA, R. C. A. **Determinación del riesgo de contaminación de águas subterráneas**: una metodología basada en datos. CEPIS, OPS/OMS. Lima, Peru, 1991.

FREITAS, S. S. D. Sedimentação, estratigrafia e tectônica da Série Bauru, estado de São Paulo. São Paulo. **Boletim da Faculdade de Filosofia e Letras da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 194, 1-185, 1955.

FREITAS, A. F. Grupo Bauru. **Boletim Geográfico Geológico**. São Paulo, 42, p. 47-126, 1964.

FÚLFARO V. J.; BÓRIO, N. J. Novas observações sobre a faciologia do arenito Botucatu no Estado de São Paulo. XXII Congresso Brasileiro de Geologia. **Resumos das comunicações**. SBG. Belo Horizonte, 1968, p. 8-57.

GASTMANS, D. Avaliação de hidrogeológica do sistema Aquífero Guarani (SAG) no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Águas Subterráneas**. Paraná, v.19 (01),2005: p. 35-48

LANDIM, P. M. D. B.; SOARES, P. C. Estratigrafia da Formação Caiuá. **Anais XXIX do Congresso Brasileiro de Geologia**, Belo Horizonte, SBG, v. 2, p. 195-206, 1976.



MATO GROSSO DO SUL **Relatório Anual da Qualidade das Águas Superficiais do Mato Grosso do Sul**. Secretaria Estadual da Saúde. LACEN. Campo Grande, 2006. 231 p.

MATO GROSSO DO SUL. **Atlas multireferencial**. Secretaria Estadual de Planejamento e Coordenação Geral. Geologia. Campo Grande, 1990, p.10.

MENDES, J. C. Algumas considerações sobre a estratigrafia da bacia do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba. Volume 4, 5, 1961: p. 3-32.

MENDES, J. C. As camadas gondwânicas do Brasil e seus problemas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro, 43, 1971, p. 96-187.

MEZZALIRA, S. Contribuição ao conhecimento da estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru. **Boletim Instante de Geografia e Geologia**. São Paulo, n. 41, p. 1-16, 1974.

MORAES REGO, L. F. A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. **Boletim do Serviço Geológico Mineral Brasileiro**. Rio de Janeiro, n. 46, 1930: p. 1-110.

MORAES REGO, L. F. Camadas cretáceas do sul do Brasil. **Anais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. São Paulo, 2 (4), 1935: p.74-231.

PACHECO, J. Notas sobre a geologia do vale do Rio Grande a partir da foz do rio Pardo até sua confluência com o rio Paranaíba. **Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, p. 8-33, 1913.

PARAGUAÇU, A. B. Estruturas sedimentares da Formação Botucatu. **Mineral e Metais**. Rio de Janeiro, v. 51, n. 301, p. 25-30, jan. 1970.

SALAMUNI, R.; BIGARELLA, J. J. The Botucatu Formation. In: BIGARELLA, J.J. et al. (ed) **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. CNPq. Curitiba, 1976:167p.

SANESUL – Empresa de Saneamento Básico de Mato Grosso do Sul. **Perfil dos poços tubulares**. Gerência Geológica. Campo Grande, 2007.

SHIKLOMANOV, I. A. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**: assessment of water resources and water availability. New York: World WMO/SEI, 1997.

SOARES, P. C. e LANDIM, P. M. B. Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basis in South Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. , Rio de Janeiro, (48): 313-24, 1976. (Supl.). (*Proceedings Intern. Symp. On Continental margins of Atlantic Type*).

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Geologia da região sudeste do Estado de São Paulo. **Atas do Simpósio Regional de Geologia**, Rio Claro, SBG, UNESP, v. 2, p. 307-19, 1979.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B. Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no estado de São Paulo, Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**. São Paulo 10 (13): 177-85. 1980.

STEIN, D. G.; STANFORD, R.M Geologia da parte do vale dos rios Paraná e Paranapanema. **Atas do Simpósio Nacional de Geologia**, São Paulo, SBG, v. 2, p. 291-306, 1979.

SUGUIO, K. **Formação Bauru: calcário e sedimentação detríticos associados**. São Paulo, Instituto de Geociências. USP, 1973, v 2. (Tese)

SUGUIO, K; PETRI, S. Comportamento estratigráfico e estrutural da Formação Bauru nas regiões administrativas 7 (Bauru), 8 (São José do Rio Pardo) e 9 (Araçatuba) no Estado de São Paulo. **Anais da Sociedade Brasileira de Geografia**, São Paulo, SBG, p. 231-47, 1977.

SUGUIO, K. Fatores paleoambientais e paleoclimáticos e subdivisão estratigráfica do Grupo Bauru. Mesa Redonda: Formação Bauru no Estado de São Paulo e Regiões Adjacentes. **Coletâneas de Trabalhos e debates**. São Paulo. SBG. Publicação Especial n.7, p. 15-30, 1980.

TAHAL Consulting Engineer Ltda. **Mapa hidrogeológico do Mato Grosso do Sul**. Escala 1: 2.000.000. Israel. SANESUL. 1998.

WASHBURN, C.W. **Geologia do petróleo do estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1939. 228 p.

---

## RESUMO

O desenvolvimento econômico e social de qualquer sociedade está vinculado à disponibilidade de água doce de boa qualidade e à capacidade de conservação e uso sustentável dos recursos hídricos. A utilização dos recursos hídricos subterrâneos tende a aumentar, tanto pelas necessidades decorrentes da expansão populacional da sociedade de consumo e de sua urbanização, como pelas vantagens financeiras em relação às águas superficiais, que se encontram, de forma geral, contaminadas e carecendo de onerosos tratamentos não convencionais. Nestas condições, os aquíferos, em diferentes áreas do território nacional, estão sujeitos aos impactos da expansão descontrolada de poços e à ocupação indiscriminada do solo, que põem em risco a qualidade das águas. A introdução de substâncias químicas no solo, como agrotóxicos e outros tipos de aplicações, promove mudanças nas características naturais dessas águas. Para contribuir com o entendimento da dinâmica das águas subterrâneas da cidade de Três Lagoas/MS, perante suas condições hidrogeológicas e sua respectiva qualidade, este artigo alerta sobre a fragilidade das Formações Bauru e Botucatu. Como conclusão, apesar da constatação da ausência de contaminantes, que podem comprometer seriamente a qualidade das águas subterrâneas do município, alerta-se para o grande risco potencial de contaminação dos aquíferos Bauru e Botucatu, que abastecem a cidade de Três Lagoas, devido ao crescimento do parque industrial

**Palavras-chave:** Hidrogeologia. Qualidade das Águas Subterrâneas. Planejamento Ambiental. Aquífero Guarani. Aquífero Bauru. Riscos à Qualidade da Água.

#### **ABSTRACT**

The economical and social development of any society is linked to the good quality freshwater readiness, to the conservation capacity and to the sustainable use of the hydric resources. The growing groundwater use tends to increase moved by the current consumption needs of the society population increase as well as urbanization, and also by the financial advantages in relation to superficial waters, by the way polluted and lacking non conventional and onerous treatments. In these conditions the aquifers in different areas of the national territory are subject to the impacts of uncontrolled expansion through wells and by the indiscriminate soil occupation, putting at risk the groundwater quality. The introduction of chemical substances (pesticide and others) on soil applications is a way to promote changes in the natural water characteristics. The present article contributes with the understanding of Três Lagoas/MS city groundwater dynamics, based on its hydrogeologic and quality conditions. It alerts on the Bauru and Botucatu Formation fragility. Concluding, in spite of the verification that the pollutants absence do not commit seriously the quality of the municipal underground waters, this paper notices the potential great contamination risk of Botucatu and Bauru aquifers. In these exact area becomes blunt the industries textile, alimentation and cellulose paper and also the reception for the urban center de Três Lagoas

**Keywords:** Hydrogeology. Groundwater Quality. Environment Planning. Bauru and Guarani Aquifer. Risk to the Water Quality.

#### **RESUMEN II**

El desarrollo económico y social de cualquier sociedad está vinculado a la disponibilidad de agua dulce de buena calidad, en su capacidad de conservación y uso sostenible de los recursos hídricos. La creciente utilización de los recursos hídricos subterráneos tiende a aumentar tanto por la necesidad derivada de la expansión de la población, sociedad de consumo y la urbanización, como por las ventajas financieras sobre las aguas superficiales, que en general son contaminadas y carecen de onerosos tratamientos no convencionales. En consecuencia, los acuíferos en distintas áreas del país, pueden sufrir los impactos de la expansión sin control, a través de pozos y por la ocupación indiscriminada de la tierra, poniendo en peligro la calidad del agua. La introducción de sustancias químicas en la tierra, como pesticidas y otros tipos de aplicaciones, es una manera de promover cambios en las características naturales de estas aguas. Para contribuir a la comprensión de la dinámica de las aguas subterráneas en la ciudad de Três Lagoas / MS ante sus condiciones hidrogeológicas y su calidad, presentamos este artículo. Que alerta sobre la fragilidad de la Formación Bauru y Botucatu. En conclusión, a pesar de la constatación de la ausencia de contaminantes que podrían perjudicar gravemente la calidad de las aguas subterráneas en la ciudad, se tiene en cuenta grandes riesgos de contaminación del acuífero de Bauru y Botucatu, que abastecen la ciudad de Tres Lagoas, debido al crecimiento del parque industrial con industrias, textil, alimentos y la de papel (celulosa)

**Palabras clave:** Hidrogeología. Calidad de las aguas subterráneas. Planificación Ambiental. Acuífero Guaraní. Acuífero Bauru. Los riesgos para la Calidad del Agua.

---

#### **Informações sobre o autor:**

André Luiz Pinto – <http://lattes.cnpq.br/7915032061706548>

Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas. Departamento de Ciências Humanas.

Contato: [andreluiz@cptl.ufms.br](mailto:andreluiz@cptl.ufms.br)



CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1980-654X – está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Recebido: 26-04-2010

Aceito: 08-09-2011