

# QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM MEIO URBANO. REGIÃO DE CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE – MT

Renato Blat Migliorini<sup>1</sup>

**Resumo** - Foi realizado neste trabalho um estudo da qualidade físico-química e bacteriológica, das águas subterrâneas encontradas em poços tubulares profundos da região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. Em geral as águas subterrâneas são de boa qualidade, com baixas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos estudados, porém os parâmetros bacteriológicos, apresentam valores elevados, decorrentes de falhas no saneamento básico da região, aliadas a inadequadas técnicas construtivas dos poços tubulares. Foram detectados também, alguns casos de concentração elevada de ferro, decorrentes da lixiviação do solo laterítico, característico do Grupo Cuiabá e pela presença de piritas disseminadas tanto nos filitos como nos metadiamicititos.

**Abstract** - In this work was carried out a quality study of bacteriological and physic-chemistry of groundwaters found deep tubular wells of the region of Cuiabá and Várzea Grande Cities, MT. In general the groundwaters are of good quality, with low concentrations of the main physic-chemistries studied however the bacteriological parameters, present raised, decurrently values of imperfections in the basic sanitation of the region allied the inadequate constructive techniques of the tubular wells. They had also been detected, some cases of high concentration of iron, decurrently of the leaching of the ground lateritic, characteristic of the Cuiabá Group and for the presence of pyrites.

**Palavras-Chave** - Grupo Cuiabá; Qualidade das águas subterrâneas.

## INTRODUÇÃO

As regiões metropolitanas de Cuiabá e Várzea Grande sofreram um acelerado e desordenado crescimento da população urbana e da industrialização. Esse crescimento acelerado e desordenado ocasionou a poluição e contaminação das águas subterrâneas e superficiais pela descarga de resíduos municipais e industriais.

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Renato Blat Migliorini, Dept. de Geologia Geral da Universidade Federal de Mato Grosso, Rua Marechal Floriano Peixoto nº 1520, apt 2202, Cuiabá – MT, Tel. (65) 615.87.54, Fax 615.87.52, e-mail: [rena@cpd.ufmt.br](mailto:rena@cpd.ufmt.br)

São inúmeros os impactos ambientais causados por problemas graves que afetam a qualidade da água superficial e subterrânea: falta de esgoto, lançamento de esgoto nos rios, fossas sépticas, sumidouros, falta de tratamento suficiente de esgoto, estações de tratamento de esgoto não operados em toda sua capacidade por falta de ligações, controle inadequado de efluentes industriais, ocupação através de invasões ocasionando a formação de favelas em locais sem nenhuma infraestrutura levando alguns córregos a funcionar como canais de esgoto, além de lixo e entulho jogados em seu leito, disposição do lixo de forma inadequada, desmatamento, degradação do solo ocasionada pelos garimpos.

Se levarmos em conta os problemas citados acima, é preocupante a presença de contaminação nas águas subterrâneas, de graves conseqüências para a saúde pública. Esta preocupação foi a motivação principal deste trabalho, cujos objetivos são explicitados a seguir.

## **OBJETIVOS**

**Objetivo Geral:** O trabalho tem como objetivo geral de contribuir com o estudo da qualidade das águas subterrâneas em meio urbano.

**Objetivo Específico:** O trabalho tem como objetivo específico investigar através de análises físico-químicas e bacteriológicas, parâmetros indicadores de contaminação das águas subterrâneas nas regiões metropolitanas de Cuiabá e Várzea Grande – MT.

## **ÁREA DE ESTUDO**

### **Localização e Vias de Acesso**

A região de Cuiabá e Várzea Grande está localizada no Centro – Oeste do Brasil, ao sul do estado de Mato Grosso. As principais rodovias que dão acesso a região são: BR 163, BR 070, MT 040 e MT 060.

### **Caracterização Físico-Climática**

A região estudada foi designada pelo Projeto Radambrasil (1.982) como Depressão Cuiabana. Compreende uma área rebaixada entre o Planalto dos Guimarães e a Província Serrana. Limita-se ao sul com o Pantanal Matogrossense, a oeste, noroeste e norte com a Província Serrana. Na seção leste seu limite encontra-se no Planalto dos Guimarães. Do ponto de vista geomorfológico, a região

possui a topografia rebaixada em torno de 150 a 200m de altitude, sendo caracterizada por relevo de planície, desenvolvido sobre rochas Pré-Cambrianas fortemente deformadas.

O clima está na categoria Aw da classificação de KÖPPEN, tropical semi-úmido (Galvão, 1.960). Caracteriza-se por apresentar duas estações bem definidas: a seca que vai de abril a outubro, e a chuvosa que vai de novembro a março. A pluviometria média anual da região oscila em torno de 1.350 mm, com sazonalidade marcada por dois períodos bem distintos: no verão verificam-se os maiores índices pluviométricos, que oscila entre 1.000 e 1.500 mm e na estação seca a precipitação chega a ser quase nula. (Boletins Agroclimatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1.996-1.997). A evapotranspiração média real oscila em torno de 82 mm com valores de evapotranspirações mínimas entre 0 e 4 mm nos meses de julho a setembro e máximas em torno de 150 mm, nos meses de novembro a março (Boletins Agroclimatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1.996-1.997). A temperatura média anual é de 26°C, com temperaturas mínimas próximas a 15° C em julho e máximas superiores a 32° C, em outubro. A umidade relativa do ar varia muito, com a média anual em torno de 74%.

A divisão de vegetação do Projeto Radambrasil (1.982) considera a vegetação da área como pertencente à região fitoecológica da savana, correspondente ao que é regionalmente chamado de cerrado.

### **Geologia Local**

A geologia local é caracterizada pelo Grupo Cuiabá. Sob o ponto de vista Geotectônico, o Grupo Cuiabá está situado no Domínio Tectônico Interno da Faixa de Dobramentos Paraguai. Esta unidade é caracterizada como um expressivo conjunto metassedimentar, constituído por metarenitos, metargilitos, metadiamectitos, metarcósios, filitos sericíticos, filitos carbonosos, além de formações ferríferas, calcários e margas, metamorfoseados na fácies xisto-verde (Luz *et al* 1.980).

As seguir são descritos os conjuntos litológicos proposto por (Migliorini, 1.999), para o Grupo Cuiabá na região de Cuiabá e Várzea Grande.

### **Formação Miguel Sutil**

Esta unidade corresponde a Subunidade 5 do Projeto Coxipó (Luz *et al* 1.980), aflora praticamente em toda a porção central e norte das cidades de Cuiabá e Várzea Grande, mais especificamente no núcleo da anticlinal invertida que descreve o arcabouço estrutural desta região.

Com base nas estruturas sedimentares e na constituição litológica dominante, pode-se individualizar dois conjuntos faciológicos na Formação Miguel Sutil, que a seguir, são descritos com mais detalhes.

### **Litofácies Pelítica com Laminação Plano-paralela**

Corresponde a metargilitos ou filitos de cor cinza esverdeada a marrom avermelhada, normalmente sericíticos, são freqüentes as laminações plano-paralelas centimétricas a milimétricas, indicadoras de mudança na granulometria ou composição dos sedimentos. Os metapelitos maciços são mais raros e ocorrem intercalados aos níveis laminados. São comuns, intercalações de camadas tabulares de arenitos finos a médios, de cor branca com tons róseos, principalmente quartzosos, em contatos abruptos com os pelitos laminados ou maciços. A espessura máxima destes pacotes arenosos não ultrapassa os 20cm e sua forma tabular, contínua e as estratificações plano paralelas sugerem uma mudança na intensidade do fluxo subaquoso em uma ampla área de abrangência.

### **Litofácies argilo-areno-conglomerática**

Esta unidade de mapeamento corresponde a seqüências cíclicas (ritmitos) granodecrescentes, que descrevem arranjos lenticulares principalmente segundo a direção N30°-40°E. Este conjunto faciológico, formado por lentes métricas a quilométricas, faz contato do tipo abrupto e irregular com a litofácies pelítica, sendo comuns fragmentos de filitos desta, aparecerem com constituintes de seus níveis conglomeráticos basais.

Cada conjunto exposto desta litofácies constitui-se por seqüências cíclicas granodecrescentes, compostas na base, por metaconglomerados oligomíticos quartzosos, com seixos e grânulos dominados por quartzos leitosos levemente arredondados em uma matriz de areia grossa a microconglomerática, também quartzosa. Bandas finas e irregulares, de um material caulínítico, definem uma foliação principal nestas rochas, e sugerem a atuação de dissolução por pressão seguida pela neocristalização dos feldspatos ao longo dos planos de foliação.

Na porção intermediária de cada ciclo, dominam os arenitos quartzosos, algo feldspáticos, que gradam de areias grossas a médias até as porções de areia fina ou silte arenoso.

As estratificações plano-paralelas são as estruturas reliquias mais comuns, associadas, obviamente, a gradação normal decrescente. Em contato abrupto com a porção psamítica intermediária, completam o ciclo de ritmitos, os filitos sericíticos, laminados ou maciços, de cor cinza chumbo, cuja espessura não ultrapassa a 1 (um) metro.

Cada ciclo granodecrescente (conglomerado-arenito-argilito) apresenta espessura que varia entre 1 a 10 metros, e sua seção basal é definida por uma superfície irregular que sugere o processo de escavação e preenchimento, muito comuns às seqüências depositadas por correntes de turbidez em ambientes subaquosos. A estrutura interna de cada ciclo, em muitos casos, não apresenta a porção pelítica de topo, que pode ser o resultado da não deposição ou do processo de canibalismo das porções superiores de camadas mais antigas, pelos fluxos turbidíticos mais jovens. Esta

possibilidade é reforçada pelo registro freqüente de intraclastos de filitos laminados e sericíticos, constituindo os conglomerados basais do ciclo turbidítico mais jovem.

### **Formação Rio Coxipó**

Esta unidade, que corresponde a Subunidade 06 de Luz *et al* (1.980), sobrepõe-se à Formação Miguel Sutil através de contatos transicionais e tectônicos e aflora principalmente na porção sul das cidades de Cuiabá e Várzea Grande. Sob o ponto de vista do arranjo estrutural local, a sua exposição restringe-se ao flanco invertido da dobra anticlinal invertida com caimento para NE.

A Formação Rio Coxipó pode ser individualizado em duas associações litológicas principais: a dos metadiamicritos com matriz argilosa, maciços, com raras intercalações de areia fina a média e dos metadiamicritos, com matriz arenosa, intercalados a arenitos quartzosos grossos e médios, que são descritos em detalhe.

### **Metadiamicritos com matriz argilosa**

Este conjunto litológico predomina em volume e área de exposição, mantém contato por falhas inversas ou transicionais com a Formação Miguel Sutil e corresponde a metadiamicritos maciços, cinza esverdeado a amarelados, com matriz argilo-siltosa, micácea, em parte feldspática, que suporta fragmentos centimétricos a métricos, de composição muito diversificada (granitos, xistos, quartzitos, anfibolitos, gnaisses, arenitos, filitos, quartzo, etc.) e formato proclato resultante do achatamento regional provocado pela deformação.

Uma marcante fissilidade, conferida principalmente pela foliação penetrativa do tipo xistosidade, caracteriza esses diamicritos de matriz argilo-siltosa.

Camadas tabulares e lentes de metarenitos quartzosos de granulação fina a média, de cor cinza esbranquiçada, com estratificação plano-paralela e maciços, ocorrem intercaladas aos metadiamicritos. Suas ocorrências são mais raras e estreitas, de 1 a 3 metros, em direção a porção sudoeste da área mapeada e, tornam-se mais comuns e espessas, acima de 50 metros, nas imediações da zona periclinal da anticlinal, setor NE da área, onde definem um relevo de cristas alongadas segundo a direção nordeste.

### **Metadiamicritos com matriz arenosa**

Esta associação litológica, que se expõe apenas em raros cortes de estrada, ocorre principalmente na região do Parque Industrial e no Pascoal Ramos, em Cuiabá. O espesso manto laterítico desenvolvido nessa região impede o afloramento destes litotipos, dificultando a descrição das suas principais características.

Correspondem às porções de topo da Formação Rio Coxipó, e a geometria deste depósito ainda não foi caracterizada, embora haja indicações que sugerem um formato lenticular. A sua composição é dominada pelos metadiamicritos maciços, de matriz arenosa e mais raramente silto-argilosa, com clastos em maior quantidade do que observado nos metadiamicritos de matriz argilosa, e com dimensão e composição mais variadas. A matriz caracteriza-se como uma areia grossa a média, principalmente, de composição quartzosa. Os arenitos ocorrem sob a forma de camadas tabulares, de espessura variando entre 10 cm a 3 m, mostram contatos abruptos com os diamictitos, e são compostos preferencialmente por areias grossas a médias, quartzosas.

### **Hidrogeologia Local**

A região de Cuiabá e Várzea Grande possui dois tipos de domínios aquíferos. O domínio poroso, caracterizado por sistemas de porosidade intergranular e o domínio fraturado, caracterizado por reservatório em rochas, onde a porosidade é secundária, e está relacionada às falhas, fraturas, juntas etc.

No domínio poroso, os aquíferos são caracterizadas pelos meios geológicos onde a porosidade é do tipo granular, isto é, as águas subterrâneas ocupam os poros entre os minerais não consolidados (solos, manto de alteração e aluviões). Neste domínio, a espessura do manto de alteração varia desde a completa ausência até 100m de espessura, com 29m de média (Migliorini, 1999). Nestes locais o aquífero é freático, livre, homogêneo e isotrópico.

Por sua vez, no domínio fraturado, o aquífero é caracterizado por meios rochosos (metassedimentos), onde a matriz do corpo rochoso é caracterizada pela inexistência e/ou presença reduzida de espaços intergranulares. O fluxo das águas subterrâneas é controlado por porosidades secundárias de origem tectônica, onde as águas subterrâneas ocupam os espaços das discontinuidades planares (fraturas, falhas, diáclases, juntas etc), com intensa variação lateral e em profundidade. A trama e intensidade destas discontinuidades definem o potencial do aquífero. Neste domínio o aquífero é mais profundo, livre, heterogêneo e anisotrópico.

O domínio fraturado pode ser dividido em dois sistemas. Um é o sistema da Formação Miguel Sutil, que ocupa praticamente toda a porção central e norte das cidades de Cuiabá e Várzea Grande. O outro sistema é o da Formação Rio Coxipó, que ocupa principalmente a porção sul da região. No primeiro sistema, a litofácies argilo-areno-conglomerática, apresenta as melhores condições aquíferas e, no segundo sistema, a litofácies metadiamicrito com matriz arenosa apresentam as melhores condições aquíferas.

A produtividade das zonas aquíferas dependerá das características do manto de alteração e do grau de fraturamento das rochas. As melhores situações são aquelas onde o manto de alteração é

espesso e predominantemente arenoso, sobreposto a rochas com elevado grau de fraturamento. Situações intermediárias e em diferentes proporções poderão ser encontradas.

Infelizmente não há informações sobre a profundidade dos fraturamentos das rochas (entradas d'águas principais). As informações sobre a profundidade dos fraturamentos seriam importantes para a definição da profundidade dos poços tubulares perfurados no Grupo Cuiabá.

A principal zona de recarga na região coincide com as áreas de afloramento da litofácies argilo-areno-conglomerática da Formação Miguel Sutil. Na Formação Rio Coxipó as melhores áreas de recarga, encontram-se nos solos Podzólico Vermelho-Amarelo de textura média arenosa, conhecidos na região como areia de goma. As descargas são realizadas através de fraturas e falhas geológicas existentes na região. Por estas estruturas, as águas migram para áreas de topografia mais baixa, dando origem a pequenos córregos e áreas alagadiças, muito comuns na região.

Os aquíferos do Grupo Cuiabá apresentam grau de vulnerabilidade relativamente alto à poluição das águas subterrâneas. O manto de alteração aliado às fraturas das rochas apresentam-se normalmente vulneráveis a infiltração de poluentes. Nas áreas onde a espessura da zona não saturada é maior, o aquífero tem maior poder de auto depuração e nas áreas onde o nível d'água é raso, a vulnerabilidade à contaminação aumenta.

## **METODOLOGIA**

Parte das análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas no Laboratório da Estação de Tratamento de Água da Companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso (SANEMAT) e parte através de análises realizadas nos Laboratórios do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (Laboratório de Análise Físico-Químicas e Laboratório de Microbiologia Sanitária).

Foram utilizados os valores máximos permissíveis para o consumo humano (VMP) da Portaria N.º 36 / GM de janeiro de 1990 como norma padrão da potabilidade de águas destinadas ao consumo humano. Para os parâmetros que não estão limitados nesta portaria, (alcalinidades de OH, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, O<sub>2</sub> consumido e N amoniacal) foram utilizados os VMP do Decreto Estadual N.º 12.486, de 20/10/79 (NTA 60).

### **Procedimentos e equipamentos utilizados para as análises físico-químicas**

Todas as coletas foram realizadas na boca dos poços.

Todos os parâmetros medidos foram analisados segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1985.

Os equipamentos utilizados foram:

1. A análise da turbidez foi efetuada em um turbidímetro B 250 da MICRONAL, Indústria Brasileira na SANEMAT e por um turbidímetro AP 1000 II da POLILAB na UFMT;
2. Para a análise da cor foi efetuada a leitura no equipamento Água Tester da HELLIGE, Indústria Brasileira na SANEMAT e pelo Aqua Nessler NA 1000 da POLILAB na UFMT;
3. Para a análise do pH foi efetuada a leitura diretamente no pH-metro da MICRONAL, Indústria Brasileira na SANEMAT e pelo pH-metro DIGIMED DM 20 na UFMT;
4. Para medir a alcalinidade foi utilizada a titulação com  $H_2SO_4$ , (0,02 N);
5. O  $CO_2$  livre foi determinado graficamente; com base nos valores da alcalinidade total e pH;
6. Para medir a dureza (total, permanente e temporária), foi utilizado o Método de titulação com EDTA, 0,01 N;
7. Para medir o nitrogênio amoniacal foi utilizado o método de Nessler. O equipamento utilizado foi: Água Tester da HELLIGE, Indústria Brasileira;
8. Para medir o nitrogênio de nitrito foi utilizado o Método da Sulfanilamida. O equipamento utilizado foi um Espectrofotômetro B 280 da MICRONAL, Indústria Brasileira;
9. O ferro foi determinado pelo Método da Fenantrolina. O equipamento utilizado foi um Espectrofotômetro B 280 da MICRONAL, Indústria Brasileira;
10. O cálcio foi determinado pelo Método EDTA (titulação com EDTA 0,01 N);
11. O cloreto foi determinado pelo Método de MHOR (titulação com  $AgNO_3$  0,0141 N);
12. O oxigênio consumido foi determinado pelo Método da Oxidação com Permanganato de Potássio (titulação com pemanganato de potássio 0.0125 N).

### **Procedimentos e equipamentos utilizados para as análises bacteriológicas**

Todas as coletas foram realizadas na boca dos poços.

Todos os parâmetros medidos foram analisados segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 1985.

Foram analisados os coliformes fecais e coliformes totais.

As metodologias utilizadas foram à técnica dos tubos múltiplos na SANEMAT e a técnica da membrana filtrante na UFMT.

Os equipamentos utilizados foram:

1. Sistema de filtração Millipore (UFMT);
2. Autoclave (temperatura de  $121^\circ C$ , pressão de vapor de 15 libras por polegada quadrada) da SOC. FABBE Ltda, modelo 105 (SANEMAT);
3. Estufa de esterilização e secagem ( $170$  a  $180^\circ C$ ) da FANEM Ltda;
4. Incubadora bacteriológica ( $35^\circ C$ );
5. Banho-maria com agitação ( $44,5^\circ C$ ) da ÉTICA;

6. Destilador de água da PERMUTION;

7. Medidor de pH (precisão de 0,1 unidade de pH) da MICRONAL;

## RESULTADOS

As análises físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas nas regiões de Cuiabá e Várzea Grande foram cadastradas em um banco de dados, que forneceu os resultados resumidos na tabela 1.

**Tabela 1 - Qualidade da Água Subterrânea**

PARÂMETROS	UNIDADE	VMP	Nº DE ANÁLISES REALIZADAS	Nº DE ANÁLISES DENTRO VMP	Nº DE ANÁLISES FORA DO VMP
Turbidez	uT	1	183	95	88
Cor	uH	5	183	136	47
PH		6,5 a 8,5	184	165	19
Alcalinidade (HCO <sub>3</sub> )	Mg/l Ca CO <sub>3</sub>	250	183	166	17
Alcalinidade (OH)	Mg/l Ca CO <sub>3</sub>	0	131	130	1
Alcalinidade (CO <sub>3</sub> )	Mg/l Ca CO <sub>3</sub>	120	131	131	0
CO <sub>2</sub> (livre)	Mg/l CO <sub>2</sub>	*	120	*	*
Dureza Total	Mg/l Ca CO <sub>3</sub>	500	136	136	0
N (amoniaco)	Mg/l N	0,05	114	109	5
N (nitrito)	Mg/l N	1	152	151	1
Fosfato	Mg/l PO <sub>4</sub>	*	146	*	*
Ferro	Mg/l Fe	0,3	179	107	72
Cálcio	Mg/l Ca	*	170	*	*
Cloreto	Mg/l Cl	250	171	171	0
O <sub>2</sub> consumido	Mg/l O <sub>2</sub>	10	157	156	1
Coliformes Totais	NMP/100 mg de coliformes	0	164	82	82
Coliformes Fecais	NMP/100 mg de coliformes	0	144	89	55

VMP: Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano (Portaria nº. 36/1990 e Decreto nº. 12.436/1978).

\* - Portaria não limita valores.

**Turbidez:** Foram realizadas 183 análises de turbidez nas águas subterrâneas dos poços cadastrados no Banco de Dados. Destas, 88 encontraram-se acima dos Valores Máximos Permissíveis ao consumo humano (VMP), isto é, 48%. As concentrações variaram de 0 a 100 uT, porém a grande maioria apresentou concentração entre 1 e 10 uT. A turbidez é provocada por sólidos em suspensão (silte, argila, matéria orgânica etc.). Os valores altos provavelmente se devem a poços mal desenvolvidos e a presença de ferro no Grupo Cuiabá.

Valores estatísticos das concentrações (uT) de turbidez:

Média = 3,44; Máximo = 100; Mínimo = 0; Variância = 94,75; Desvio Padrão = 9,7; Mediana = 0,96; Moda = 2.

**Cor:** Foram realizadas 183 análises de cor, sendo que, 47 amostras (26%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano (VMP). As concentrações acima do VMP variaram de 5 a 650 uH, porém a grande maioria apresentou concentração entre 5 e 15 uH. Normalmente as águas subterrâneas apresentam valores de coloração inferior a 5 ppm de Pt. Os valores altos provavelmente também se devem a poços mal desenvolvidos e a presença de ferro no Grupo Cuiabá.

Valores estatísticos das concentrações (uH) da cor:

Média = 11,6; Máximo = 650; Mínimo = 0; Variância = 2477; Desvio Padrão = 50; Mediana = 2,5; Moda = 2,5.

**pH:** Foram realizadas 184 análises de pH, destas, 19 (10%) mostraram-se fora dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. Somente uma das amostras apresentou pH ácido, o restante apresentou pH alcalino a neutro. Normalmente as águas subterrâneas apresentam-se com tendência ácida, porém, no Grupo Cuiabá apresentam tendência básica. Isto provavelmente se deve a presença de rochas carbonáticas (lentes de calcário), muito comum na região.

Valores estatísticos do pH:

Média = 7,26; Máximo = 9; Mínimo = 2; Variância = 0,59; Desvio Padrão = 0,77; Mediana = 7; Moda = 7.

**Alcalinidade (bicarbonato):** Das 183 análises realizadas, apenas 17 (9,3%) ficaram acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de bicarbonato:

Máximo = 650; Mínimo = 0; Média = 136; Mediana = 129; Moda = 120; Variância = 7440; Desvio Padrão = 86.

**Alcalinidade (hidróxido):** Foram realizadas 131 análises, apenas uma análise apresentou concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano.

Valores estatístico das concentrações (mg/l) de hidróxido:

Média = 1; Máximo = 131; Mínimo = 0; Variância = 131; Desvio Padrão = 11,4; Mediana = 0; Moda = 0.

**Alcalinidade (carbonato):** Das 131 análises realizadas, todas ficaram dentro dos Valores Máximos Permissíveis ao consumo humano.

Valores estatísticos da concentração (mg/l) de carbonato:

Média = 0,23; Máximo = 20; Mínimo = 0; Variância = 3,8; Desvio Padrão = 1,9; Mediana = 0; Moda = 0.

**CO<sub>2</sub> livre:** Embora não sejam conhecidos efeitos adversos ao homem, foram realizadas 120 análises. As concentrações variaram de 0 a 165mg/l, com média em 13 mg/l. A Portaria N° 36 de 19 de janeiro de 1990 e o Decreto N° 12.486 de 20/10/78 não limitam valores de gás carbônico, sua presença deve-se principalmente à decomposição de matéria orgânica contida no solo.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de CO<sub>2</sub> livre:

Média = 13; Máximo = 165; Mínimo = 0; Variância = 476,3; Desvio Padrão = 22; Mediana = 6; Moda = 4.

**Dureza Total:** Foram realizadas 136 análises. Nenhuma amostra apresentou concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. Por outro lado, essas concentrações encontraram-se um pouco altas, a maioria entre 100 e 300 mg/l.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) da dureza total:

Média = 130; Máximo = 340; Mínimo = 0; Variância = 4790; Desvio Padrão = 69; Mediana = 127; Moda = 140.

**Dureza Permanente:** Foram realizadas 136 análises. A Portaria N° 36 de 19 de janeiro de 1990 e o Decreto N° 12.486 de 20/10/78 não limitam valores à concentração da dureza permanente

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) da dureza permanente:

Média = 15; Máximo = 161; Mínimo = 0; Variância = 825; Desvio Padrão = 29; Mediana = 0; Moda = 0.

**Dureza Temporária:** Foram realizadas 136 análises. A Portaria N° 36 de 19 de janeiro de 1990 e o Decreto N° 12.486 de 20/10/78 não limitam valores à concentração da dureza temporária.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) da dureza temporária:

Média = 117; Máximo = 330; Mínimo = 0; Variância = 4.747; Desvio Padrão = 69; Mediana = 114; Moda = 90.

**Nitrogênio Amoniacal:** Das 114 análises realizadas, somente 5 amostras apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de nitrogênio amoniacal:

Média = 0,11; Máximo = 10; Mínimo = 0; Variância = 0,89; Desvio Padrão = 0,94; Mediana = 0; Moda = 0.

**Nitrogênio de Nitrito:** É comum o nitrogênio de nitrito estar ausente nas águas subterrâneas por ser muito instável. Foram analisadas 152 amostras, somente uma apresentou concentração acima dos valores máximos permissíveis para o consumo humano. O nitrito é um grande indicador de poluição recente.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de nitrito:

Média = 0,1; Mínimo = 0; Máximo = 1,99; Variância = 0,06; Desvio Padrão = 0,25; Mediana = 0; Moda = 0.

**Fosfato:** A portaria N<sup>o</sup> 36 de 19 de Janeiro de 1990 e o Decreto N<sup>o</sup> 12.486, de 20/10/78, não limitam valores ao fosfato. Das 146 análises realizadas, a concentração variou de 0 a 6,7 mg/l, sendo que a grande maioria apresentou concentração inferior a 0,1 mg/l.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de fosfatos:

Média = 0,149; Mínimo = 0; Máximo = 6,7; Variância = 0,333; Desvio Padrão = 0,577; Mediana = 0,008; Moda = 0.

**Ferro:** Das 179 análises realizadas, 72 amostras (40%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. Duas amostras apresentaram concentrações muito elevadas (19 e 38 mg/l). As elevadas concentrações de ferro provavelmente se devem a presença de pirita nos filitos e metadiamectidos do O Grupo Cuiabá e dos solos lateríticos, muito comum na região.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de Ferro:

Média = 0,78; Mínimo = 0; Máximo = 38,7; Variância = 10,6; Desvio Padrão = 3,26; Mediana = 0,21; Moda = 0.

**Cálcio:** Nas 170 análises realizadas a concentração de cálcio variou de 0 a 80 mg/l, sendo que a grande maioria das concentrações ficou entre 10 e 40 mg/l. A Portaria N<sup>o</sup> 36 de 19 de Janeiro de 1990 e o Decreto N<sup>o</sup> 12.486, de 20/10/78 não limitam valores ao cálcio. O cálcio é o elemento mais abundante existente na maioria das águas e rochas da Terra. A presença de cálcio nas águas subterrâneas da região provavelmente se deve a presença de lentes de rocha calcária no Grupo Cuiabá.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de cálcio:

Média = 26,26; Máximo = 80; Mínimo = 0; Variância = 344; Desvio Padrão = 18,54; Mediana = 24; Moda = 4,8.

**Cloreto:** Embora a alta solubilidade e o lento movimento das águas subterrâneas provocam aumentos gradativos nos teores de cloreto, das 171 análises realizadas, nenhuma ultrapassou os Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. As concentrações variaram de 1 a 66,84 mg/l.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de cloretos:

Média = 12; Mínimo = 1; Máximo = 66,84; Variância = 165; Desvio Padrão = 12,84; Mediana = 7; Moda = 5.

**Oxigênio Consumido:** Foram realizadas 157 análises, a maioria com baixas concentrações, variou de zero a uma amostra com 28 mg/l, apenas 1 amostra apresentou concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. É bom lembrar que o O<sub>2</sub> só ocorre em águas subterrâneas de pouca profundidade.

Valores estatísticos das concentrações (mg/l) de oxigênio consumido:

Média = 2,5; Mínimo = 0; Máximo = 28; Variância = 9,7; Desvio Padrão = 3,1; Mediana = 1,5; Moda = 1.

**Coliformes (totais):** Das 164 análises realizadas, 82 amostras (50%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. As concentrações acima do VMP variaram de 2 a 16000 NMP/100 ml de coli-totais.

Valores estatísticos das concentrações (NMP/100ml) de coli-totais:

Média = 187,74; Mínimo = 0; Máximo = 16000; Variância = 1.651.687; Desvio Padrão = 1.285,2; Mediana = 1; Moda = 0.

**Coliformes (fecais):** Das 144 análises realizadas, 55 amostras (38%) apresentaram concentração acima dos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. As concentrações acima do VMP

variaram de 2 a 5000 NMP/100 ml de coli-fecais, porém a grande maioria 62% apresentou concentração menor que o VMP.

Valores estatísticos das concentrações (NMP/100ml) de coli-fecais:

Média = 48,35; Mínimo = 0; Máximo = 5.000; Variância = 174.410; Desvio Padrão = 417,6; Mediana = 0; Moda = 0.

## **DISCUSSÃO E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS**

O exame da tabela 1 mostra que os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas de 188 poços; 106 poços (56%) estão fora dos Valores Máximos Permissíveis para o Consumo Humano (VMP) e 82 poços (44%) mostram-se potáveis de acordo com a Portaria Nº 36, de 19 de Janeiro de 1990. Os parâmetros que mais se encontraram fora do VMP foram: coliformes (totais e fecais), ferro, cor e turbidez.

Com relação às análises físico-químicas, a turbidez, a cor e o ferro, encontraram-se, em várias amostras, com concentrações superiores aos Valores Máximos Permissíveis ao Consumo Humano. No geral, grande parte das amostras apresentou concentração elevada de Fe, embora abaixo dos Valores Máximos Permitidos ao Consumo Humano. Este fator deve-se ao solo laterítico típico do Grupo Cuiabá e da ocorrência de piratas disseminadas tanto nos filitos como nos metadiamicritos. Sabe-se que o ferro proporciona gosto, turbidez e cor à água e é essencial ao homem em baixas concentrações. Assim, os valores elevados da cor e turbidez podem ser explicados pela alta concentração de ferro nessas águas e pelos poços mal construídos.

Com relação às análises bacteriológicas, foram encontrados coliformes totais e fecais nas amostras. Isto se deve aos problemas de saneamento básico da região e a inadequadas técnicas construtivas dos poços tubulares profundos.

Também devemos ressaltar que, quando as bactérias e vírus são transportados com a água subterrânea no meio poroso, elas são removidas por filtração e adsorção, sendo assim, relativamente imóveis em meio poroso, penetrando pequenas distâncias. Porém, no meio fraturado, que é o caso do Grupo Cuiabá, as distâncias alcançadas podem ser muito grandes. Esse problema é muito preocupante, haja visto a situação do saneamento básico na região, onde encontramos córregos funcionando como canais de esgoto “*in natura*” e grande quantidade de fossas sépticas.

## CONCLUSÕES

Em geral, as águas subterrâneas do Grupo Cuiabá na região estudada são de boa qualidade, com baixas concentrações dos principais parâmetros físico-químicos estudados, porém os parâmetros bacteriológicos apresentam valores elevados.

Os resultados das análises físico-químicas denotam teores elevados de Ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), cor e turbidez nas águas subterrâneas. As concentrações elevadas de ferro são decorrentes da lixiviação do solo laterítico e das piritas disseminadas tanto nos filitos como nos metadiamicititos. As concentrações elevadas de cor e turbidez podem ser explicadas pela alta concentração de ferro nestas águas aliadas aos poços mal construídos.

Embora se encontram poços com concentrações relativamente altas de alcalinidade de bicarbonato, somente 9,3% estavam acima dos Valores Máximos Permissíveis para o Consumo Humano.

As análises bacteriológicas das águas subterrâneas mostram elevada concentração de coliformes totais e fecais, devido aos problemas de saneamento básico da região (grande quantidade de fossas sépticas, sumidouros e córregos contaminados), aliadas as inadequadas técnicas construtivas dos poços tubulares profundos.

## RECOMENDAÇÕES

Apoiar a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMA) no tocante ao cumprimento da Lei Nº 7.083, de 23 de dezembro de 1998 (que já foi aprovada na Assembléia Legislativa do Estado de Mato Grosso), que tem por objetivo, fundamentalmente, regulamentar a perfuração de poços tubulares no Estado de Mato Grosso. A partir da existência dessa Lei a FEMA terá o poder de delegar sobre os recursos hídricos subterrâneos no Estado e poderá desenvolver um banco de dados com informações dos poços tubulares. Poderá desenvolver, também, modelos de previsão, incluindo métodos de avaliação de impacto ambiental e montar estratégias de proteção. A FEMA terá, ainda, condições legais para implementar mecanismos de cobrança sobre o consumo de água subterrânea adotando medidas regulamentadoras, enfim, poderá integrar o planejamento e manejo sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos subterrâneos no Estado de Mato Grosso.

Montar estratégias para divulgação e conscientização da população para o uso racional da água por meio de programas educacionais, tais como organizações de seminários, cursos, palestras, propagação através da mídia, sobretudo, televisão, e cartilhas didáticas distribuídas nas escolas com a finalidade de minimizar o desperdício de água, pretendendo educar e conscientizar o público sobre a proteção dos recursos hídricos de superfície e subsuperfície.

Promover a cooperação financeira através de convênios visando o estudo contínuo de pesquisas científicas sobre os recursos hídricos subterrâneos na região.

Avaliar o impacto ambiental e estabelecer normas obrigatórias para descargas de fontes poluidoras.

Adotar medidas administrativas e legislativas para a ocupação ordenada nas regiões onde se encontram os aquíferos.

Construir estações de tratamento de esgoto doméstico e efluentes industriais.

Promover a reciclagem e reutilização das águas residuais e dos resíduos sólidos.

Estimular a participação da população na coleta, reciclagem e eliminação dos resíduos domésticos.

Controle intensificado na instalação de focos potenciais de poluição como: indústrias, aterro sanitários, postos de gasolina, cemitérios e outros.

Elaborar projetos visando à construção adequada de aterros sanitários, cemitérios e indústrias potencialmente poluidoras, com base em informações hidrogeológicas e avaliação de impacto ambiental.

Monitoramento, quando necessário, da qualidade das águas subterrâneas e superficiais potencialmente afetadas por locais de armazenagem de materiais perigosos, tais como postos de gasolina, indústrias que enterram rejeitos perigosos, cemitérios, dentre outros.

Esclarecer e incentivar os proprietários de poços a realizarem análises bacteriológicas das águas periodicamente.

Mostraremos a seguir, os principais erros construtivos:

1. Uso de água não tratada durante a perfuração, isto é, usar água de lagoas ou rios contaminados durante a perfuração;
2. Não execução da desinfecção dos equipamentos antes do início da perfuração;
3. Não isolar as camadas indesejáveis durante a perfuração, isto é, não cimentar as zonas de alterações das rochas ou impermeabilizar alguma camada rica em matéria orgânica;
4. Não observar, quando for localizar o poço, a existência de possíveis focos de poluição, a exemplo de fossas sépticas, depósitos de lixo, rios ou lagos contaminados, postos de gasolina, depósitos de efluentes industriais, poços abertos e abandonados, além de outros focos de contaminação;
5. Não desenvolver satisfatoriamente e nem desinfetar os poços depois de construídos;
6. Locação inadequada de filtros e tubos lisos. É comum encontrar poços com filtro localizado em pequena profundidade impossibilitando uma boa filtração das águas subterrâneas pela formação geológica assim como poços com problemas de infiltração de água superficial contaminada pelo espaço anelar entre o tubo de revestimento e o buraco cavado, além de poços com espessura de revestimento insuficientes e até desprovidos destes;

7. Não observar, durante a cimentação, que o espaço anelar entre o tubo de revestimento e a formação geológica é muito estreito, o que pode provocar a presença de bolhas de ar. Também é comum, não observar se a calda de cimento e areia alcança a profundidade desejada;
8. Poços abandonados e abertos que provocam contaminação direta do aquífero;
9. Poços construídos inadequadamente provocam presença de sólidos (areias, siltes e argilas), os quais podem penetrar pelo revestimento ou pelo filtro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BARROS, A. M.; SILVA, R. M.; CARDOSO, O. R. F.A.; FREIRE, F. A.; SOUZA, J. J. Jr.; RIVETTI, M.; LUZ, D. S.; PALMEIRA, R. C. B.; TASSINARI, C. C. G. (1982) Geologia, In: *Radambrasil*, Folha SD-21 Cuiabá, Rio de Janeiro, MME – SG, (Levantamento de Recursos Naturais), Vol. 26, p. 25 – 192.
- [2] BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO. (1996). *Instituto Nacional de Meteorologia – INMET*. Brasília, nº. 01-12, vol. 30.
- [3] BOLETIM AGROCLIMATOLÓGICO. (1997). *Instituto Nacional de Meteorologia – INMET*. Brasília, nº. 01-12, vol. 31.
- [4] GALVÃO, M. V. org. (1960). *Geografia do Brasil, grande região centro-oeste*. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 452p.
- [5] LUZ, J. da S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUZA, J. O.; MOTTA, J. F. M.; TANNO, L. C.; CARMO, L. S. do & SOUZA, N. B. (1980). *Projeto Coxipó*. Goiânia, DNPM/CPRM, v. 1. 136 p. (Relatório Final).
- [6] MIGLIORINI, R. B. (1.999). *Hidrogeologia em Meio Urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT*. (Tese de Doutorado apresentada no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo). 145p.
- [7] STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. (1985). APHA, AWWA, WPCF, 16 th ed., Port City Press, Baltimore, 770p.