

Mapa político da Estado de Rondônia com a localização do município de Buritis.

BURITIS

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE BURITIS ESTADO DE RONDÔNIA

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA**

Rodolfo Tourinho Neto

Ministro de Estado

José Luiz Péres Garrido

Secretário Executivo

Luciano de Freitas Borges

Secretário de Minas e Metalurgia

CPRM SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Geraldo Gonçalves Soares Quintas

Diretor Presidente

Umberto Raimundo Costa

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Thales de Queiroz Sampaio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Paulo Antônio Carneiro Dias

Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento

José Sampaio Portela Nunes

Diretor de Administração e Finanças

Frederico Cláudio Peixinho

Chefe do Departamento de Hidrologia

Humberto J. T. R. de Albuquerque

Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração

Fernando Pereira de Carvalho

Superintendente Regional de Manaus

Rommel da Silva Sousa

Chefe da Residência de Porto Velho

Amílcar Adamy

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

**Ministério da Saúde
Fundação Nacional de Saúde**

José Serra
Ministro da Saúde

Mauro Ricardo Machado Costa
Presidente da Fundação Nacional de Saúde

Sadi Coutinho Filho
Chefe do Departamento de Saneamento

Josiclene Moura Leite
Chefe da Coordenação Regional de Rondônia

Vera A. de Oliveira Figueiredo
Chefe do Serviço de Saneamento

João Batista Zibetti
Supervisor do Convênio CPRM/FNS

EQUIPE EXECUTORA

Residência de Porto Velho - REPO

Geólogo: José Cláudio Viégas Campos

Geólogo: Jaime Estevão Scandolara

Geólogo: Paulo Roberto Callegaro Morais

Geólogo: Rommel da Silva Sousa

Aux. de Campo: Raimundo Gomes

Aux. de Campo: Luís Rogério

Aux. de Campo: Avelino Ramos

Técnico em Sondagem: Francisco Bianor

Superintendência Regional de Belo Horizonte -SUREG/BH

Geofísico: Michael Gustav Peter Drews

Prospector: Júlio de Freitas F. Vasques

Aux. Técnico: Maurício Vieira Rios

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE BURITIS (RO)

Autores:

José Cláudio Viégas Campos
Michael Gustav Peter Drews
Jaime Estevão Scandolaro

Colaboradores:

Rommel da Silva Sousa
Paulo Roberto Callegaro Morais

Editoração:

Alclemar Lopes Noé

**JULHO
1.999**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

RESUMO.....	01
1. INTRODUÇÃO.....	02
2. GEOLOGIA REGIONAL E ESTRUTURAL.....	04
2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....	05
2.2 GEOLOGIA ESTRUTURAL.....	06
2.3 CONCLUSÕES.....	08
3. HIDROGEOLOGIA.....	09
3.1. CADASTRAMENTO DE POÇOS.....	09
3.2. MAPA PIEZOMÉTRICO.....	10
3.3. HIDROGEOQUÍMICA.....	13
3.4. CARACTERIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA.....	14
4. GEOFÍSICA.....	17
4.1. OBJETIVOS.....	18
4.2. METODOLOGIA APLICADA.....	18
4.3. RESULTADOS OBTIDOS.....	19
4.4. CONCLUSÕES.....	21
5. SONDAGEM MECÂNICA.....	22
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
7. BIBLIOGRAFIA.....	26

Apresentação

A obtenção de água potável para o abastecimento dos centros urbanos tem se tornado um grande desafio para as autoridades responsáveis. Com o desenvolvimento desordenado dos núcleos urbanos, tem aumentado a preocupação com a qualidade e a quantidade de água disponível para o abastecimento público. A degradação deste importante bem é um dos grandes desafios a ser enfrentado pela humanidade.

A CPRM - Serviço Geológico do Brasil tem procurado dar a sua contribuição com a aplicação de novas tecnologias na obtenção de água com qualidade e quantidade para o atendimento a uma demanda cada vez maior.

Este trabalho contém as atividades desenvolvidas pela CPRM na avaliação do potencial hidrogeológico da área urbana do município de Buritis (RO), objeto de convênio celebrado com a Fundação Nacional de Saúde - FNS.

Além do texto explicativo de cada atividade executada, são apresentados mapas, tabelas, fotografias e perfis construtivos dos poços-testes executados.

Resumo

A área urbana do município de Buritis - RO, com uma população de aproximadamente 15.000 habitantes (estimativa), vem sofrendo com a falta de abastecimento de água potável. A sede do município não possui um sistema de abastecimento e distribuição de água, dessa forma a população tenta suprir a sua demanda através de cacimbas que produzem pequenas vazões (ex.: 1000 l/dia).

A CPRM - Serviço Geológico do Brasil, juntamente com a Fundação Nacional de Saúde, desenvolveu o estudo de avaliação do potencial hidrogeológico da área urbana de Buritis como uma alternativa para o abastecimento público através de água subterrânea.

A metodologia empregada utilizou ferramentas, tais como: análise de imagens de sensoriamento remoto, mapeamento geológico-estrutural, levantamento geofísico, cadastramento de poços utilizados pela população com coleta de amostras de água para caracterização físico-química e bacteriológica e definição da direção de fluxo da água subterrânea, além da perfuração de dois poços tubulares profundos.

O resultado da análise dos vários parâmetros utilizados indicou uma zona com maior favorabilidade para obtenção de água subterrânea do aquífero fissural através de poços tubulares. Entretanto, os dois poços perfurados não apresentaram o resultado desejado. Ambos os poços, perfurados pela Geoeste Construções Civis Ltda, Pt01 com 81 metros de profundidade e o Pt02 com 91 metros de profundidade, foram considerados secos.

Os parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica e pH) e bacteriológicos analisados indicaram que a água que está sendo consumida pela população, captada nas cacimbas, está contaminada pelas fossas domésticas e/ou outras fontes poluentes locais, sendo necessário o tratamento por cloração ou fervura para o consumo.

1

Introdução

O presente relatório é resultado do trabalho desenvolvido pela CPRM em convênio com a Fundação Nacional de Saúde no município de Buritis - RO. Os trabalhos visavam avaliar o potencial hidrogeológico da área da sede municipal para a captação de água subterrânea através de poços tubulares profundos, de modo a fornecer água potável a sua população (Foto 1). A escolha da água subterrânea como fonte de abastecimento se deve ao fato de que, normalmente, os custos para sua captação são bem menores do que aqueles que envolvem a captação de água superficial.

O município de Buritis (Figura 1) situa-se na porção centro-oeste do Estado de Rondônia, limita-se ao norte com o município de Porto Velho, ao sul com Campo Novo, a leste com Monte Negro e Alto Paraíso e a oeste com Vila Nova do Mamoré. A sua sede está localizada a aproximadamente 330 km da cidade de Porto Velho. Para se ter acesso à mesma, partindo-se de Porto Velho, toma-se a BR364, sentido Cuiabá, até a cidade de Ariquemes, a partir daí, percorre-se 71 Km, ao longo da BR421, até a linha C-15, e através desta, mais 56 Km até a cidade de Buritis.

Tratando-se de um município novo, criado em 1995, Buritis ainda não apresenta serviços de infra-estrutura capazes de atender a contento a sua população urbana, estimada em 15.000 habitantes, vivendo em uma área de aproximadamente 5 km². A sua sede não possui esgotamento sanitário, e o abastecimento de água potável é feito através de cacimbas particulares com características construtivas bastante precárias. Durante os meses de junho a setembro, quando há a diminuição da intensidade pluviométrica, a população sofre consideravelmente com o abastecimento de água potável, pois, neste período, as cacimbas tendem a secar.



Foto 1- Vista parcial da área urbana de Buritis.

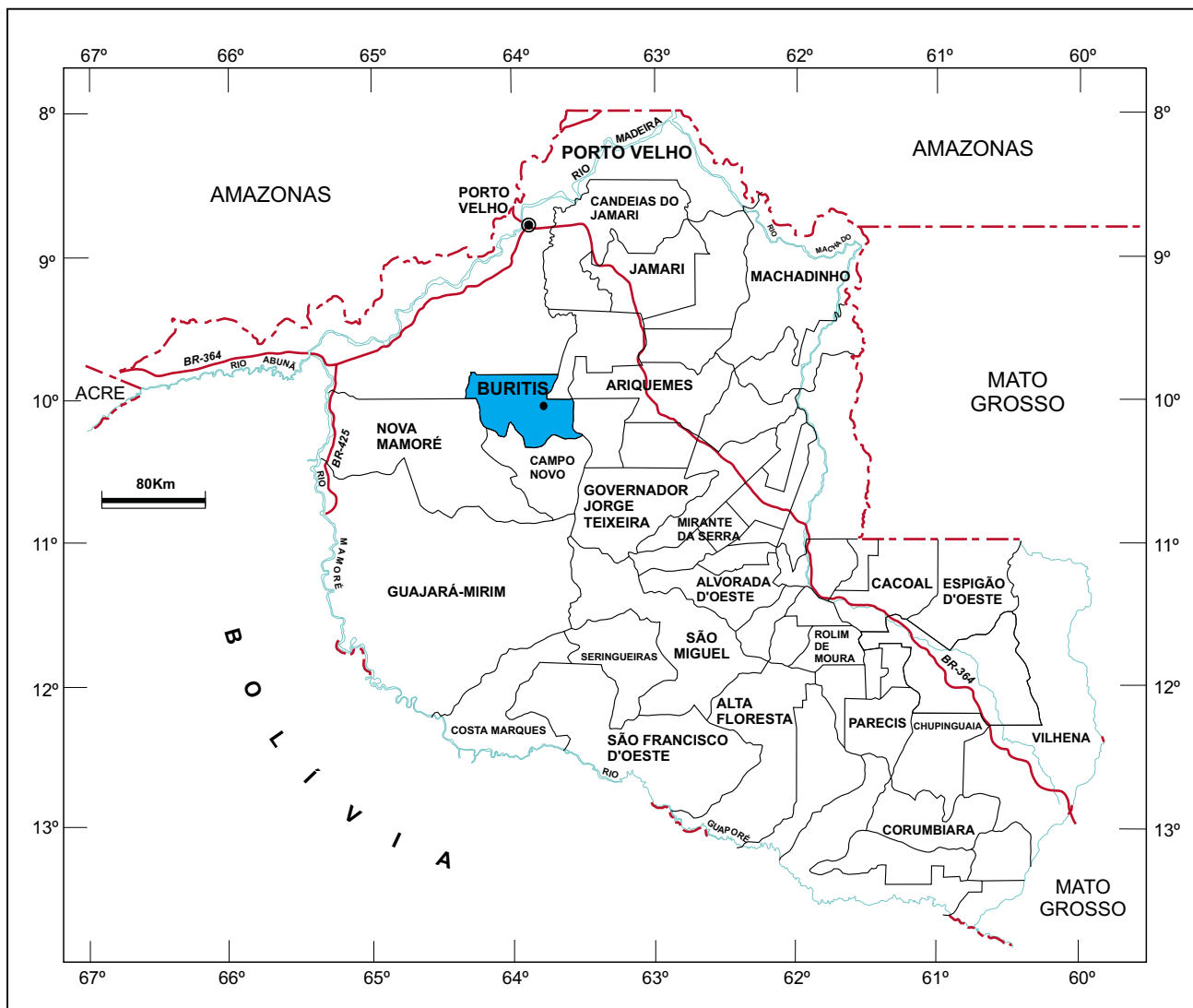


Figura 1 - Mapa político da Estado de Rondônia com a localização do município de Buritis.

2

Geologia Regional e Estrutural

O levantamento geológico/estrutural constitui-se em ferramenta de fundamental importância, juntamente com o levantamento geofísico terrestre, para a locação de poços tubulares em áreas de aquíferos fraturados. Estudos de casos recentes comprovam que o avanço nas pesquisas sobre a circulação de água subterrânea em meios fraturados, depende do entendimento da geometria da rede de fraturas nas quais a água circula.

Assim sendo, a investigação em questão objetivou identificar o que determina os padrões das redes de fraturamento, as densidades e aberturas dessas fraturas, ou seja, entender a evolução tectônica da região e as características mecânicas das rochas. Apesar destes estudos serem relativamente complexos, porque envolvem uma sucessão de campos tensionais e suas recorrências no tempo geológico, é possível fazer algumas simplificações que em nada diminuem o grau de exatidão do método, uma vez que não é necessário estudar a evolução dos sistemas de fraturas desde os tempos pré-cambrianos. Faz-se necessário, isto sim, entender como é a tectônica mais recente, porque é esta tectônica que vai determinar o parâmetro fundamental para a circulação da água subterrânea.

Este parâmetro é a posição, o comportamento espacial e a abertura das fraturas, pois a condutividade hidráulica varia ao cubo com relação ao último fator, mas é somente diretamente proporcional à densidade das fraturas (lei cúbica). Desta forma, o conhecimento dos eventos tectônicos mais recentes, cenozóicos ou neotectônicos, e seus campos de esforços, permitem determinar a posição espacial das fraturas mais abertas, denominadas como T. E isto é a chave para a locação de um bom poço em área de aquífero fraturado.

O estudo dos aspectos geológico/estruturais da região de interesse principiou com o levantamento bibliográfico das informações disponíveis, sua compilação e organização, estudos de sensores remotos (imagens de satélite LANDSAT-TM, monocromáticas e policromáticas nas escalas 1:100.000 e 1:250.000 e fotografias aéreas na escala 1:120.000). Estas atividades pré-operacionais permitiram a elaboração dos primeiros mapas de serviço - de caráter bibliográfico/interpretativos, que orientaram todas as atividades de campo (também denominadas operacionais).

As atividades de campo consistiram no

mapeamento geológico com ênfase nas feições estruturais - mapeamento das descontinuidades mecânicas das rochas, principalmente os sistemas de fraturas, sua geometria e cinemática e suas interrelações espaciais e cronológicas. O mapeamento geológico desenvolveu-se com a visita a todos os afloramentos rochosos existentes no perímetro urbano, com os estudos estendendo-se centrifugamente até um raio de 10 km do centro da cidade. Além deste levantamento de alta densidade, as atividades de observação geológica mais expandidas, na escala 1:25.000, forneceram importantes informações sobre o contexto geológico/estrutural regional no qual a região está inserida.

Os procedimentos de campo para a coleta das informações foram semelhantes daqueles usualmente efetuados nos mapeamentos geológicos. A rotina utilizada foi a seguinte:

- Descrição detalhada do afloramento e coleta de amostras;
- Medição da atitude das fraturas, definição de "famílias", suas interrelações, presença de mesofalhas com definição do tipo de movimento e identificação de estrias;
- Medida da atitude das fraturas preenchidas.

Estes dados foram anotados em uma tabela adequada e a seguir tratados em escritório com a aplicação do Diagrama de Riedel para a definição dos campos tensionais, estruturas principais e das componentes, com o objetivo de identificar as direções T (fraturas abertas).

O levantamento mesotectônico dos afloramentos da região de Buritis permitiu a coleta de 301 medidas estruturais.

2.1 - Geologia Regional

O quadro geológico regional de Buritis (Figura 2) foi sistematizado no final da década de setenta em termos de um granito de anatexia ou granito de embasamento incluído no Complexo Xingu ou Jamari de idade Arqueano/Paleoproterozóico. Na década de noventa, a evolução do conhecimento geológico regional permitiu que se procedesse uma revisão dos dados geológicos disponíveis, com a definição da Suíte Intrusiva Alto Candeias de idade mesoproterozóica que constitui a geologia da região em questão.

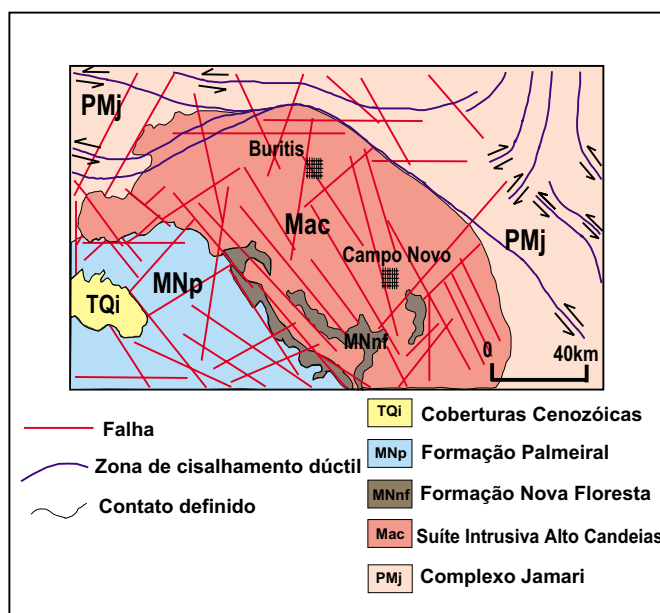


Figura 2 - Mapa geológico simplificado da região de Buritis/Campo Novo.

As rochas graníticas da região do Alto Candeias (Foto 2) foram objeto de estudo de Souza et al. (1975), Leal et al. (1978) e Isotta et al. (1978). Estes últimos delimitaram um corpo de dimensões batolíticas (Maciço Alto Candeias) e dois plutões mais a norte.



Foto 2 - Afloramento granítico na região de Buritis representativo da Suíte Intrusiva Alto Candeias.

O maciço Alto Candeias exibe uma forma alongada de direção WNW-ESE, sendo que as suas verdadeiras dimensões são ainda desconhecidas. O contato com as encaixantes é marcado por uma zona de cisalhamento transcorrente sinistral no seu limite norte, enquanto que a borda sul é recoberta pelas rochas básicas da Formação Nova Floresta e pelas rochas sedimentares da Formação Palmeiral ("Graben" dos Pacaás Novos). É constituído predominantemente por granitos porfíricos de granulação média a grossa, texturalmente piterlíticos e, em menor quantidade, granitos equigranulares de granulação fina a média, aplitos e sienitos equigranulares de grão fino a médio. Os primeiros são composicionalmente definidos como hornblenda-biotita monzogranitos, biotita-monzogranitos e quartzo-monzonitos e possuem cristais ovóides e tabulares centimétricos de feldspato alcalino peritítico, esporadicamente manteados por plagioclásio. Representam a fase mais precoce e os contatos com os granitos equigranulares finos são observados na borda nordeste do maciço. Na borda norte estes granitos exibem uma larga

zona de cisalhamento com transformação das rochas em protomilonitos e milonitos. Internamente zonas discretas de cisalhamento dúctil também ocorrem mas, em geral, mostram-se afetados apenas por uma tectônica rúptil.

As rochas charnockíticas, anteriormente inseridas no Complexo Xingu, também fazem parte da suíte, com a principal ocorrência situada na borda SE do maciço Alto Candeias, além de outros corpos de menor expressão na porção central do mesmo, os quais exibem contato transicional com os granitos.

2.2 - Geologia Estrutural

As discontinuidades (Foto 3) que segmentam as rochas que constituem o terreno em torno do município de Buritis são predominantemente juntas, não raramente fraturas, quando a sua natureza cinemática não pode ser definida, além de falhas, mais raramente. A figura 3 mostra o conjunto dos principais fotolineamentos interpretados, cujas direções foram integralmente confirmadas em escala de afloramento.

A análise estatística das 301 medidas de lineamentos (fraturas) mostrou o seguinte conjunto de "famílias":

- N-S : 49 medidas;
- E-W : 66 medidas;
- N 30 a 40 E : 40 medidas;
- N 60 a 75 E : 44 medidas;
- N20 E : 14 medidas;
- N20 a 30 W : 52 medidas;
- N45 W : 6 medidas
- N60 a 75 W : 30 medidas.



Foto 3 - Rocha granítica na região de Buritis apresentando direções variadas de fraturamento.

As juntas são superfícies de ruptura sem deslocamento dos blocos separados. Em geral, têm alguns metros de extensão visível, podendo alcançar várias dezenas de metros. Elas configuram famílias entrecruzadas, em número de duas ou mais, conforme o local. O

espaçamento das juntas em cada família pode ser, localmente, de poucos decímetros, mas em geral é de vários centímetros até métrico.

As falhas visíveis em escala de afloramento são superfícies pouco expressivas onde, devido à ação do intemperismo, as estrias são de difícil caracterização. Elas têm extensões que variam de poucos metros a dezenas de metros e envolvem, em geral, deslocamentos pouco expressivos, de decímetros a centímetros. Associadas às falhas aparecem, esporádica e localizadamente, pequenas zonas transtensionais representadas por fraturas de distensão com preenchimento de material remobilizado, além de zonas onde a cataclase gerou materiais cumiunidos em "filmes" ou bandas pouco espessas.

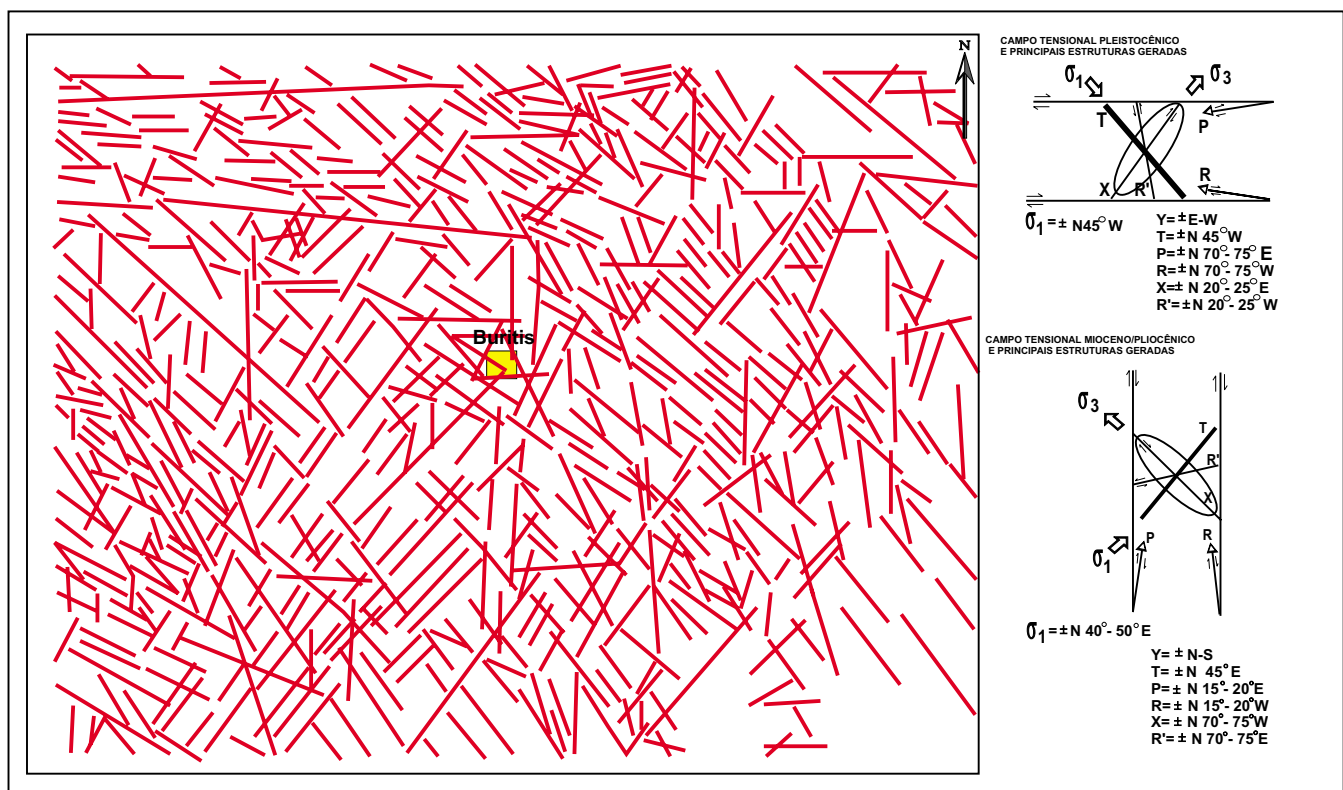


Figura 3 - Município de Buritis - Mapa de lineamentos fotointerpretados (Escala 1:100.000) e campos tensionais responsáveis pela geração das principais estruturas.

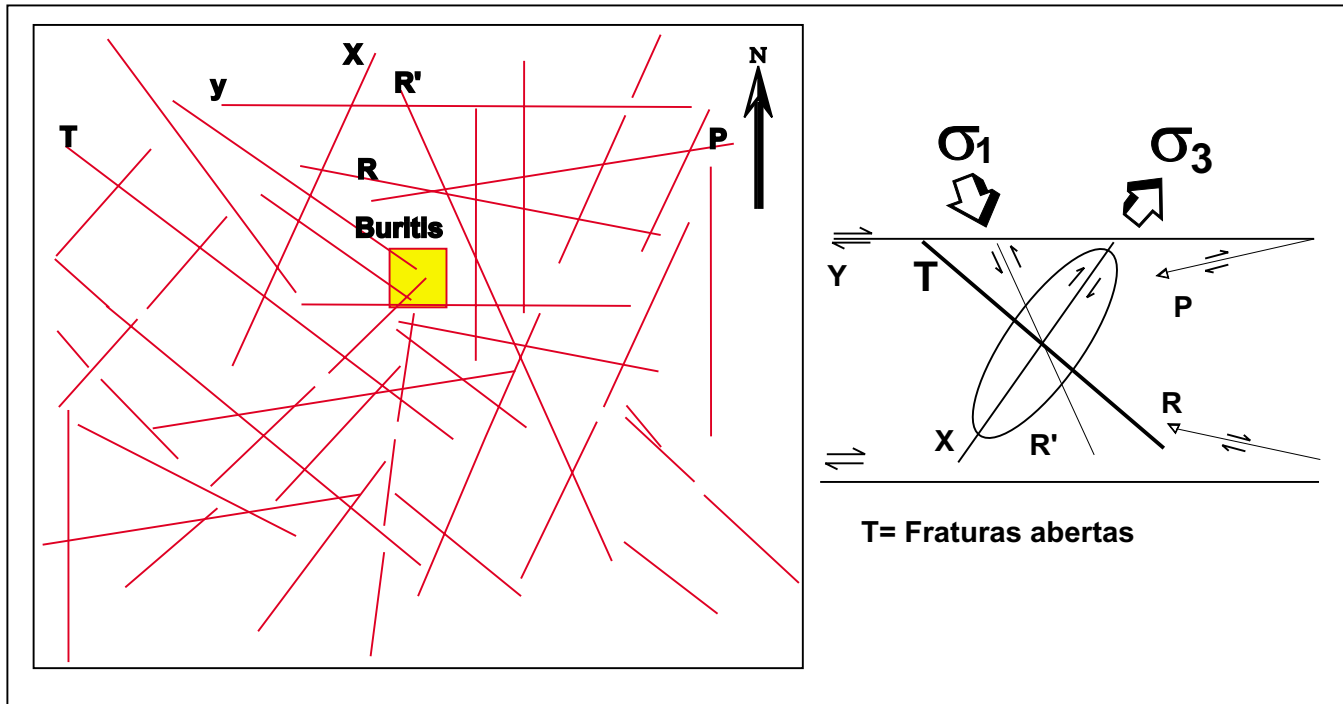


Figura 4 - Esboço em escala ampliada da área em volta da cidade de Buritis com os principais lineamentos que a transectam e sua natureza mecânica, de acordo com o campo tensional pleistocênico (último evento tectônico do Cenozóico).

2.3 - Conclusões

Nos diversos afloramentos estudados, pode-se reconhecer a presença de "famílias" de discontinuidades, em redes assimétricas, cujo padrão decorreu de regimes de cisalhamento não-coaxiais relacionados a eventos tectônicos superimpostos desde o Pré-Cambriano até o Quaternário. A separação das "famílias" de discontinuidades não é tarefa fácil em virtude da escassez de estruturas de movimentação falhas, que conferem maior segurança no estabelecimento dos campos tensionais e respectivas estruturas. Apesar de tais limitações, a presença de "famílias" de discontinuidades preenchidas já constitui importante ferramenta para definição dos sistemas "antigos" e sua separação dos sistemas neotectônicos.

Com base neste critério, conjugado com elementos teóricos aplicados em escala

regional, foi possível definir a atuação de dois (2) eventos neotectônicos (Figura 3), sendo que o campo tensional apregoado ao período Pleistoceno Superior/Recente e as respectivas estruturas derivadas, revestem-se de grande importância prospectiva para água subterrânea. Como conseqüência, deve-se dar especial atenção às fraturas T (fraturas abertas), com direção N45W, sem, contudo, desprezar o entrecruzamento das demais discontinuidades que completam o modelo. Uma questão de extrema importância diz respeito à atitude destas discontinuidades mais "recentes", pois estas estruturas de neotectônica apresentam mergulhos altos (70 a 90), o que limita a sua interconexão em profundidade, deixando com conseqüência um critério prospectivo ligado principalmente à interconexão destes com as fraturas com menor ângulo de mergulho.

3

Hidrogeologia

A cidade de Buritis está localizada sobre terrenos cristalinos, rochas graníticas da Suíte Intrusiva Alto Candeias, que em termos hidrogeológicos se comportam como aquíferos fissurais, ou seja, o armazenamento e a transmissão de água na rocha se dá através de suas fraturas e/ou falhas. Os aquíferos fissurais tendem a ser menos potenciais que os aquíferos porosos que armazenam e transmitem a água da sua formação através dos poros. Entretanto, no processo de intemperismo das rochas graníticas, o produto de alteração é geralmente constituído por material quartzo-feldspático de granulometria bastante grosseira, dessa forma cria-se a possibilidade de obtenção de pequenos volumes de água (1 a 3 m³/h) através de poços tubulares de pequena profundidade (20 metros, em média), que captam água dessa zona de alteração. Na região de Buritis não foram encontrados poços que captam água do aquífero fissural.

Apesar de Buritis não possuir um sistema de abastecimento de água potável, a demanda requerida é suprida pelos moradores através de cacimbas particulares. Até mesmo estabelecimentos que necessitam de grandes volumes de água diariamente, tais como:

hotéis, posto de saúde e restaurantes; são obrigados a utilizar o manancial subterrâneo dessa forma. O problema se agrava no "verão", período compreendido entre junho e setembro, quando o índice pluviométrico é bastante reduzido. Nesse período as cacimbas têm o nível freático rebaixado chegando, até mesmo algumas a secar.

3.1 - Cadastramento de Poços

De acordo com o levantamento feito na área urbana de Buritis (ver Tabela 1 e Figura 5), foram selecionadas 50 cacimbas para determinação do nível estático, profundidade, características construtivas, pH e condutividade elétrica, dentre outras informações. Utilizando-se o nível estático de 37 cacimbas, juntamente com o mapa planialtimétrico da área urbana, foi possível confeccionar o mapa piezométrico de Buritis, definindo-se a direção de fluxo da água subterrânea.

De modo geral, as cacimbas possuem características construtivas precárias, pois não possuem a boca do poço bem vedada para impedir o acesso de animais, nem o piso cimentado ao redor do poço de modo a impedir

cacimba	prof.(m)	NE(m)	extração	pH	Cond. elétrica (S/cm)	Rev	uso	data	cacimba	prof.(m)	NE(m)	extração	pH	Cond. elétrica (S/cm)	Rev	uso	data
1	13	11,9	bomba	5,5	120	não	Dom.	08.09.98	26	8	7,4	-	5,4	87,5	não	-	10.09.98
2	12	10,9	bomba	4,9	39	não	Dom.	08.09.98	27	12	10,25	balde	5,4	85,2	não	Dom.	10.09.98
3	7,5	6,8	balde	5	47	não	Dom.	09.09.98	28	9,3	9	balde	4,2	16,9	não	Dom.	10.09.98
4	9	8,15	bomba	5,48	87,8	não	Dom.	09.09.98	29	12,5	11,8	-	5,24	64,8	não	Dom.	10.09.98
5	7	6,35	-	5,76	156	não	Dom.	09.09.98	30	12	11,6	-	4,05	14	não	-	10.09.98
6	8,7	7,9	bomba	5,25	119	não	Rest.	09.09.98	31	16	14,55	bomba	4,15	15,3	não	Dom.	10.09.98
7	6,5	5,5	-	4,05	120	não	Padar.	09.09.98	32	10	9,2	-	3,95	18,2	não	Dom.	10.09.98
8	7	6,6	-	5,32	108	não	hotel	09.09.98	33	7,5	6,75	bomba	4,95	57,1	não	-	10.09.98
9	4,5	3,8	bomba	5,1	49,5	não	posto	09.09.98	34	7,5	7,1	bomba	4	18,2	não	-	10.09.98
10	7	5,5	-	4,55	95,2	sim	hotel	09.09.98	35	9,5	7,25	-	4,4	36	não	-	10.09.98
11	6,5	3,85	bomba	5,37	75,8	sim	hotel	09.09.98	36	8	7,6	balde	4,15	24,5	não	Dom.	10.09.98
12	3,7	2,2	bomba	4,9	27,6	sim	Dom.	09.09.98	37	9	6,45	bomba	4,15	18,8	não	Dom.	10.09.95
13	3	1,55	-	4,84	30,4	não	Dom.	09.09.98	38	6	4	-	4,9	56,6	-	Dom.	10.09.98
14	4,6	4	bomba	4,8	49,5	não	hotel	09.09.98	39	4	3,65	balde	5,17	52,7	não	Dom.	10.09.98
15	8	6,3	bomba	5,34	78,3	sim	boate	09.09.98	40	11,5	10,75	balde	4,9	48,5	sim	Dom.	10.09.98
16	8	7	bomba	4,89	58,5	sim	lanche	09.09.98	41	17	14,2	bomba	4,9	23,1	não	escola	10.09.98
17	14	10,7	bomba	5,9	238	sim	escola	09.09.98	42	11	10,35	balde	3,92	13,4	não	Dom.	10.09.98
18	8	7,5	bomba	5,66	153	sim	Pref.	09.09.98	43	14	13	balde	4,05	14,5	não	Dom.	10.09.98
19	8,5	7,5	-	5,4	39,7	não	Dom.	09.09.98	44	11	8,7	-	5,34	53,1	não	Dom.	11.09.98
20	10,5	9,2	bomba	5	34,2	-	Dom.	09.09.98	45	12	10,5	balde	6,05	231	não	Dom.	11.09.98
21	7	5,6	bomba	5,2	42	não	Dom.	10.09.98	46	12	9,8	bomba	5,03	58,4	sim	-	11.09.98
22	7	6,4	balde	4,25	14,8	não	Dom.	10.09.98	47	12,5	11,9	bomba	4,65	25,7	não	Dom.	11.09.98
23	8	6,9	-	4,32	21	não	Padar.	10.09.98	48	9,5	8,8	-	4,54	52,7	-	-	11.09.98
24	15	14,5	bomba	4,95	47,6	-	Dom.	10.09.98	49	7	6,25	bomba	4,5	21,3	não	Dom.	11.09.98
25	9	7,95	balde	4,2	12,6	não	Dom.	10.09.98	50	10,5	9,4	bomba	5,14	53,3	sim	Dom.	11.09.98

Rev. Revestimento Prof. - Profundidade NE - Nível Estático Dom.- doméstico Padar. - Padaria Pref. - Prefeitura Lanche - Lanchonete Rest. - Restaurante

Tabela 1 - Informações coletadas na fase de cadastramento das cacimbas.

a entrada por entre as paredes do poço e a manilha (revestimento) de águas servidas e/ou de enxurradas. A grande maioria possui como tampa ripas de madeira, além de manilhas como revestimento apenas na parte superior do poço, em média, com 30 cm acima do nível do terreno. As cacimbas captam água subterrânea de pequena profundidade. Possuem uma profundidade média de 9,3 metros, variando de 3 a 17 metros.

Foi cadastrado um poço tubular pertencente a Escola Municipal de Buritis localizada na Av. Porto Velho. A vazão de produção é de 2.000 l/h, segundo informações

do proprietário da empresa construtora do poço. Possui uma profundidade de 22 metros, entretanto, não capta água das fraturas da rocha cristalina local (granito), mas sim da rocha alterada, denominada tecnicamente de saprolito ou horizonte C.

3.2 - Mapa Piezométrico

Utilizando-se as informações de 37 cacimbas, foi confeccionado o mapa piezométrico da área urbana de Buritis (Figura 6). As linhas de isopiezas, como era de se esperar, seguem, aproximadamente, a

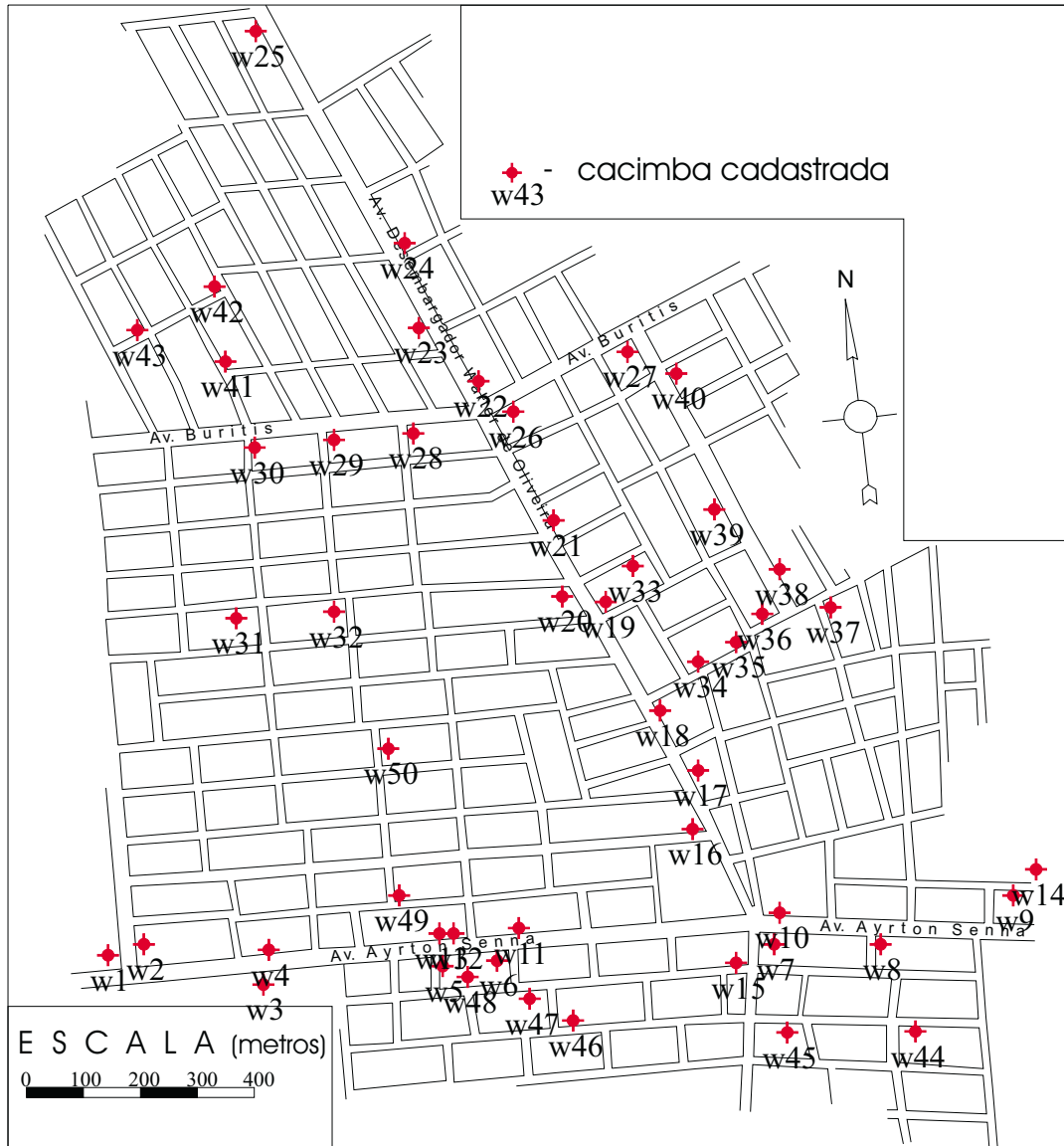


Figura 5 - Mapa da área urbana de Buritis com a localização das cacimbas cadastradas.

topografia do terreno. As medições do nível estático foram realizadas no período de 08 a 11/09/98, juntamente com a obtenção de outros parâmetros e informações. Apesar do mapa ter sido produzido baseado em níveis d'água de diferentes dias, o que não corresponde ao ideal, é preciso se levar em conta que no período de medições o regime pluviométrico era baixo (período de seca) e o volume retirado pelos

moradores na cidade é pouco significativo para promover um rebaixamento pronunciado nestes poucos dias. Além disso, ao analisar os resultados obtidos, observa-se a pouca interferência desses fatores uma vez que é possível ter uma definição clara da direção de fluxo subterrâneo na área urbana de Buritis.

Uma vez que a totalidade da população utiliza-se de água subterrânea para suprir sua

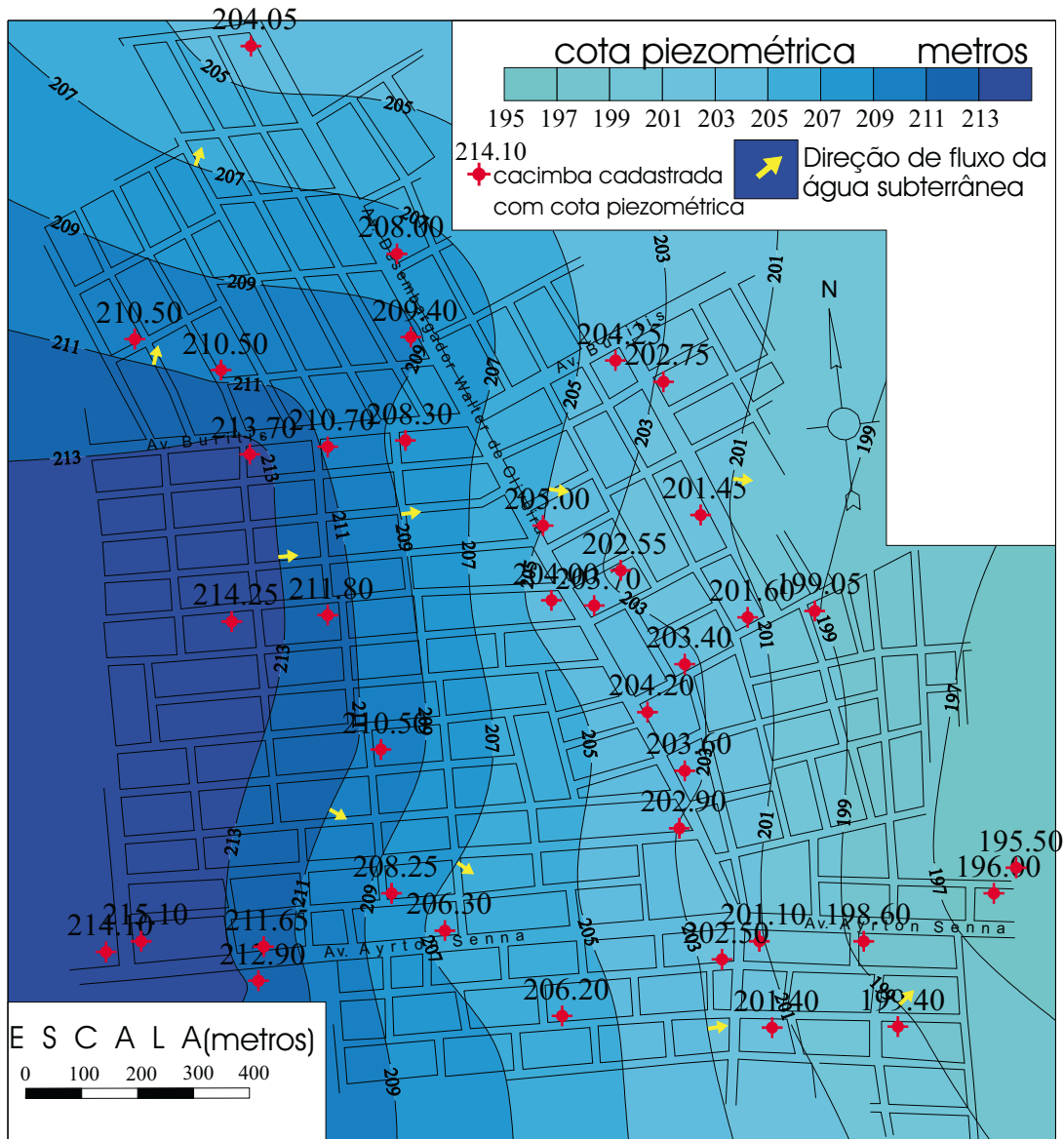


Figura 6 - Mapa piezométrico da água subterrânea da área urbana de Curitiba.

demanda, o mapa piezométrico é de bastante utilidade para definição de áreas de proteção desse manancial. Observa-se que na porção oeste da cidade, acima da cota piezométrica 211 metros, qualquer fonte poluidora com capacidade de dispersão (ex: hidrocarbonetos) tem condições de comprometer a qualidade da água subterrânea em toda a área urbana. Isto porque as direções de fluxo subterrâneo partem deste ponto para toda a área, carreando

consigo o poluente. Dessa forma, aconselha-se a utilização dessa área como de preservação ambiental ou pelo menos que seja desestimulada a instalação de postos de gasolina, matadouros, curtumes, lixão, ou outros tipos de estabelecimentos ou atividades que produzam carga poluidora que ao ser disposta no solo ou no subsolo possa vir a contaminar a água subterrânea.

3.3 - Hidrogeoquímica

Alguns parâmetros físico-químicos da água subterrânea consumida pela população foram medidos no local através de dois aparelhos portáteis: o medidor de pH (pHmetro) e o de condutividade elétrica (condutímetro). O pH é representado pela concentração do íon H^+ na solução, enquanto a condutividade elétrica (CE) indica a capacidade da água conduzir eletricidade, e está intimamente ligada ao teor de sais dissolvidos (íons) na mesma.

Foram feitas medições em 50 cacimbas. A condutividade elétrica variou de 12,6 a 238 microS/cm (Gráfico 1), com média de 59 microS/cm e o pH variou de 4 a 6,05 (Gráfico 2), com uma média de 4,86.

Como já foi dito anteriormente, a área urbana de Buritis não possui uma rede de esgotamento sanitário, sendo a disposição dos dejetos orgânicos produzidos pelos domicílios feita em fossas domésticas.

Na porção mais populosa da área urbana, a produção de lixo e outros produtos contaminantes favorecem a uma maior contaminação da água subterrânea. Sabendo-se dessa situação, observa-se no mapa de condutividade elétrica da água subterrânea (Figura 7) que os valores maiores do que a média das medições ($CE > 59$ microS/cm) tendem a ser encontradas na porção mais densamente povoada da cidade (sul). Isto leva a crer que a água subterrânea pode estar sendo contaminada pelas fossas domésticas e/ou outras fontes de poluição antropogênicas, tais como: valas negras, disposição de lixo nas ruas, etc.

Na área com menor densidade populacional (porção noroeste e centro-oeste)

os valores de condutividade elétrica tendem a ser menores do que 20 microS/cm, que é devido a uma menor influência antropogênica, e podem estar representando o "background" da condutividade elétrica da água subterrânea na área urbana de Buritis.

Da mesma forma, nas porções centro-oeste e noroeste da área, onde há uma menor densidade populacional e conseqüentemente uma menor chance de influência antropogênica nas características químicas originais da água subterrânea, os valores de pH tendem a ser menores do que 4,5 (Figura 8).

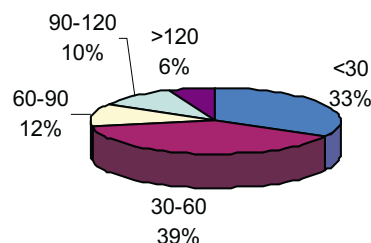


Gráfico 1 - Distribuição dos valores de condutividade elétrica (microS/cm) da água subterrânea das cacimbas em Buritis.

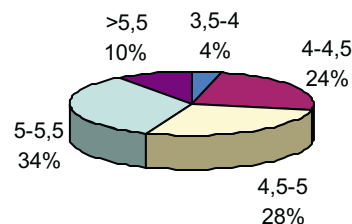


Gráfico 2 - Distribuição dos valores de pH da água subterrânea das cacimbas na área urbana de Buritis.

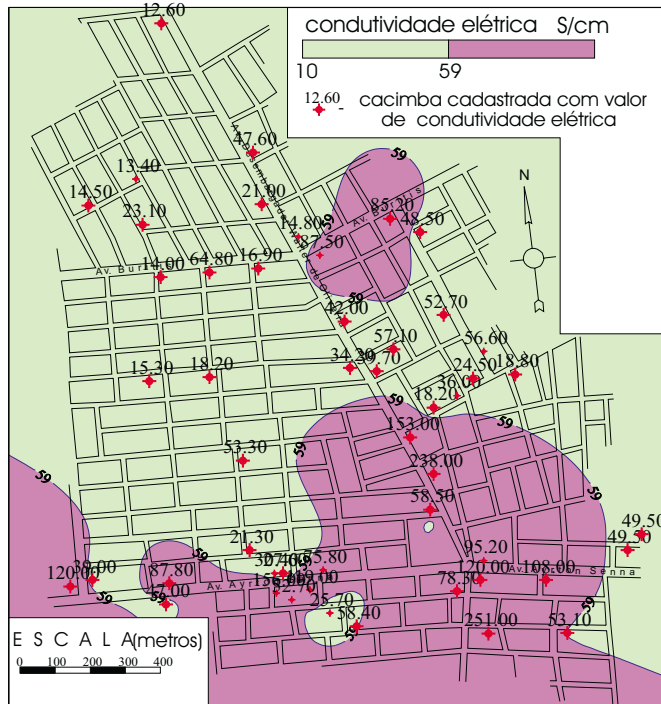


Figura 7 - Mapa indicando o zoneamento dos valores de condutividade elétrica acima da média (59 microS/cm) da água subterrânea da área urbana de Buritis.

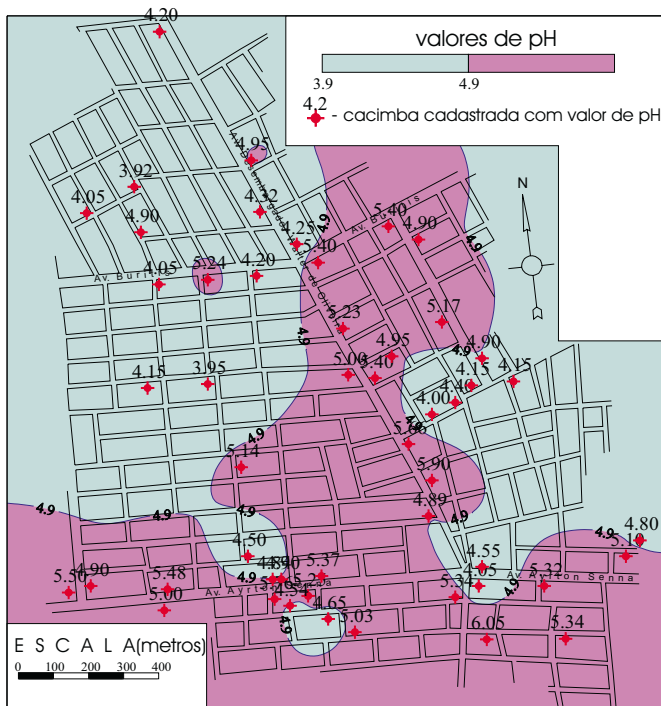


Figura 8 - Mapa indicando o zoneamento dos valores de pH acima da média (pH > 4,9) da água subterrânea das cacimbas da área urbana de Buritis.

3.4 - Caracterização Bacteriológica e Físico-Química

Além das medições de pH e condutividade elétrica na água subterrânea em 50 cacimbas na área urbana, foram selecionadas 10 cacimbas (Tabela 2), preferencialmente, em locais cujo o consumo de água fosse feito por um grande número de pessoas, tais como: hotéis, hospitais, escolas, restaurantes, rodoviária, etc...; para realização de análises bacteriológicas e físico-químicas. As amostras coletadas foram remetidas para o laboratório Saneamento Ambiental sediado em Belo Horizonte (MG) para processamento. Para cada análise físico-química foram coletados 4 litros em quatro garrafas de um litro, sendo duas com água *in natura*, outra com 0,2 ml de ácido nítrico e outra com 0,2 ml de ácido sulfúrico para preservação de alguns elementos químicos. Para cada análise bacteriológica foram coletados 200 ml de água em recipiente esterilizado fornecido pelo laboratório. Durante o transporte todas as amostras foram mantidas sob refrigeração até entrega para análise. As amostragens foram realizadas em julho de 99.

Nas amostras coletadas, foram analisados os elementos maiores (HCO_3 , Cl, NO_3 , SO_4 , Ca, Mg, K, e Na), bem como, Fe total, resíduo seco e dureza total. Todos os parâmetros encontram-se dentro dos limites de aceitabilidade (Portaria 36 do Ministério da Saúde de 19/01/96), exceção feita ao Fe total que apresentou valores acima do padrão na Escola Buritis (0,91 mg/l) e na cacimba 1 (0,38 mg/l), quando o máximo permitido é de 0,3 mg/l, e ao nitrato, que encontra-se na cacimba 15 com valor de 24,37 mgN/l, quando o máximo aceitável é de 10 mgN/l. Os valores elevados de Fe total (acima de 0,3 mg/l) podem aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes e a sua presença propicia o desenvolvimento de

ferro-bactérias, que conferem à água cores avermelhadas e odores fétidos. Além disso, a utilização desta água pode causar incrustações nas canalizações e manchas ferruginosas em louças e roupas. Enquanto que valores elevados de nitrato (acima de 10 mgN/l) podem causar, em casos extremos, cianose (metahemoglobinemia) em crianças, além disso, o nitrato tem ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem que são substâncias carcinogênicas.

Segundo a Resolução nº 20 do CONAMA, as águas destinadas ao abastecimento doméstico sem prévia ou simples desinfecção são denominadas de Classe Especial e não admitem a presença de coliformes totais ou fecais. Os resultados (Tabela 3) das análises bacteriológicas (coliformes fecais) indicaram

que a água subterrânea captada através das cacimbas, em sua grande maioria, encontra-se contaminada pelas fossas domésticas aí existentes. Tornando-se necessário, pelo menos, a fervura ou cloração da água antes do consumo. Um outro problema na utilização da água subterrânea está relacionado às condições construtivas das cacimbas, todas têm a presença de coliformes totais, o que indica as péssimas condições em que a água está armazenada. Para se evitar tal tipo de contaminação, é necessário que as mesmas sejam bem construídas. Devem ter uma tampa de cimento, sem frestas de modo a não permitir a entrada de insetos (ex.: baratas), revestimento da parede da cacimba para se evitar desmoronamentos e cimentação do piso ao redor da cacimba.

PARÂMETRO ANALISADO	P O N T O D E A M O S T R A G E M									
	Escola Mal. Rondon (cacimba 41)	Residência (cacimba 22)	Residência (cacimba 21)	Prefeitura	Escola Buritis	Boate (cacimba 15)	Hotel Dallas (cacimba 10)	Hotel Avenida (cacimba 11)	Residência (cacimba 01)	Residência (cacimba 31)
* Resíduo seco	27,20	17,10	41,90	169,50	60,70	73,30	97,70	66,90	41,80	11,20
** Dureza total	8,91	0,49	4,45	75,25	9,90	14,36	22,77	10,40	13,86	0,99
** Bicarbonato	10,08	3,62	4,83	80,93	13,89	13,29	17,51	18,12	19,33	1,81
*Cloreto	< 0,25	< 0,25	0,51	6,34	0,25	5,08	5,84	5,84	< 0,25	< 0,25
***Nitrato	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,84	< 0,01	24,37	< 0,01	0,66	< 0,01	< 0,01
*Sulfato	0,75	0,71	1,97	1,29	2,02	< 0,05	1,92	1,57	1,86	0,45
*Cálcio	3,36	0,20	1,58	29,31	2,77	5,35	8,32	3,76	5,15	0,40
Ferro Total	0,07	0,15	< 0,05	< 0,05	0,91	0,13	0,11	0,05	0,38	0,22
*Magnésio	0,12	< 0,10	0,12	0,48	0,72	0,24	0,48	0,24	0,24	< 0,10
*Potássio	0,21	0,46	1,20	2,24	4,00	2,39	2,29	4,05	0,46	0,29
*Sódio	0,18	1,13	2,36	10,15	1,12	5,96	7,19	6,19	0,11	0,43

*mg/l ** mg CaCO₃/l *** mg N/l

Tabela 2 - Resultado das análises físico-químicas da água subterrânea das cacimbas da área urbana de Buritis.

P O N T O A M O S T R A D O	R E S U L T A D O S	
	NMP de Coliformes Totais (em 100 ml)	NMP de Coliformes Fecais (em 100 ml)
Escola Mal. Rondon – cacimba 41	$1,6 \times 10^3$	$2,2 \times 10^2$
Residência - cacimba 22	$2,4 \times 10^4$	4
Residência - cacimba 21	$2,2 \times 10^2$	< 2
Prefeitura	$1,7 \times 10$	4
Escola Buritis	$1,1 \times 10$	< 2
Boate - cacimba 15	9×10^2	2
Hotel Dallas – cacimba 10	9×10^3	$2,1 \times 10$
Hotel Avenida – cacimba 11	8×10	2
Residência - cacimba 01	9×10	4
Residência - cacimba 31	$2,4 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$

Tabela 3 - Resultado das análises bacteriológicas da água subterrânea das cacimbas da área urbana de Buritis.

4

Geofísica

A utilização do método elétrico (eletrorresistividade) para a pesquisa de água subterrânea, justifica-se pelo fato de serem os minerais componentes das rochas, com poucas exceções, praticamente isolantes. Desta maneira, a existência de zonas fraturadas e zonas mais alteradas, onde ocorre maior quantidade de água, se torna visível e detectável, pelo contraste elétrico correspondente. Assim, a resistividade rochosa é função da quantidade de água contida e da composição química da mesma, ou seja, dos eletrólitos nela dissolvidos.

Não é possível generalizar ou tabelar valores da resistividade de cada material, pois uma determinada rocha pode ter uma resistividade em uma região e outra completamente diferente em outra região, se a água contida tiver salinidades diferentes, apesar de conter a mesma quantidade de líquido nos seus interstícios.

Entretanto, numa mesma região, a composição da água contida nos solos e rochas varia muito pouco de um local para outro, podendo-se afirmar que um material que for mais condutor terá mais água em seu interior, por ter maior porosidade intergranular e/ou maior fraturamento.

Neste método, efetua-se a medida da resistividade do subsolo por meio de eletrodos fixados na superfície do terreno, conectados a um aparelho (resistivímetro), que faz passar uma corrente elétrica entre dois deles e mede o potencial produzido por esta corrente nos outros dois eletrodos.

Os eletrodos pelos quais passa a corrente elétrica se denominam eletrodos de corrente e são normalmente chamados de A e B. Os eletrodos nos quais se mede a diferença de potencial são conhecidos por eletrodos de potencial e se chamam M e N, podendo o quadripolo de eletrodos assumir vários arranjos geométricos, conforme os dados que se pretende obter.

A área em questão está assentada em terrenos graníticos, Maciço Alto Candeias. Neste ambiente geológico, optou-se pela aplicação da geofísica, através de eletrorresistividade, com caminhamento elétrico, arranjo dipolo-dipolo, a fim de se detectar estruturas de subsuperfície favoráveis ao armazenamento de água, tais como zonas de falhas e fraturas.

Os trabalhos de campo foram executados pela equipe de geofísica do Serviço de Geofísica Aplicada da Superintendência

Regional de Belo Horizonte, contando com apoio técnico e operacional da Residência de Porto Velho, sendo as operações de campo realizadas no período de 19.08. a 04.09.98, com a cobertura de 16.160m de caminhamento elétrico.

4.1 - Objetivos

Dentro do contexto deste trabalho, coube à geofísica fornecer informações adicionais de subsuperfície à hidrogeologia, com a finalidade de demarcar locais promissores para furos de sonda. Tais locais, desejou-se, de preferência, dentro ou o mais próximo possível do perímetro urbano, visando uma significativa diminuição nos custos de captação e distribuição da água.

Assim sendo, aplicou-se o método de eletrorresistividade com objetivo de mapear estruturas favoráveis à acumulação de água, como zonas de falhas, fraturas em rochas cristalinas de subsuperfície, bem como, para estimar a espessura do manto de intemperismo, visando possíveis depressões, zonas mais alteradas nas rochas cristalinas subjacentes.

4.2 - Metodologia Aplicada

Foi utilizado nesta campanha o eletrorresistivímetro - ER/CPRM/ DIGEOF para medições das resistividades aparentes do subsolo (Foto 4), usando-se caminhamento elétrico dipolo-dipolo, com espaçamento entre os eletrodos, AB=MN=40 m, em cinco níveis de profundidade (n=5).



Foto 4 - Trabalho de geofísica sendo realizado em uma das ruas da área urbana de Buritis.

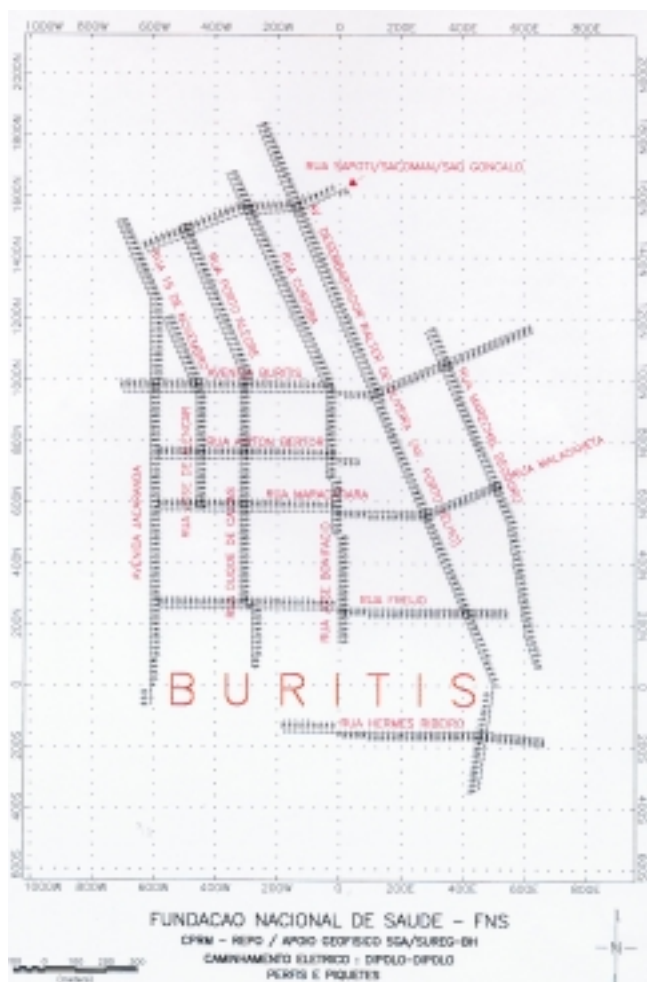


Figura 9 - Planta das linhas de caminhamento elétrico realizadas em Buritis.

Foram cobertos 12 perfis, perfazendo o total de 16.160m, pelas ruas centrais da cidade (Foto 5), conforme mostra o mapa de localização dos perfis (Figura 9).



Foto 5 - Caminhamento Elétrico sendo realizado em uma das ruas da área urbana de Buritis.

Com o caminhamento elétrico procurou-se mapear as estruturas e corpos subsuperficiais de forma a se ter como resultado, pseudo-seções da distribuição das resistividades aparentes no subsolo e, em conseqüência, o feitiço estrutural da área em curso, principalmente, falhas e fraturas (Figura 10).

Com o software INTERPEX/RESIX2DI, através de inversão matemática, foi possível obter uma primeira idéia de um modelo geológico teórico correspondente à distribuição das resistividades no subsolo e, portanto, ter noções sobre a permeabilidade das rochas locais.

Nas figuras 11 e 12, encontram-se os mapas do nível 5 de resistividades de modelamento e de resistividades aparentes, respectivamente.

4.3 - Resultados Obtidos

Os dados adquiridos foram processados para a elaboração de pseudo-seções e mapas dos diferentes níveis de investigação, quais sejam: pseudo-seções e mapas de resistividades aparentes e resistividades de modelamento. Na interpretação levou-se em consideração tanto os resultados das pseudo-seções de resistividades aparentes, quanto das pseudo-seções de resistividades dos modelamentos (software RESIX2DI), embora com peso maior para os modelamentos.

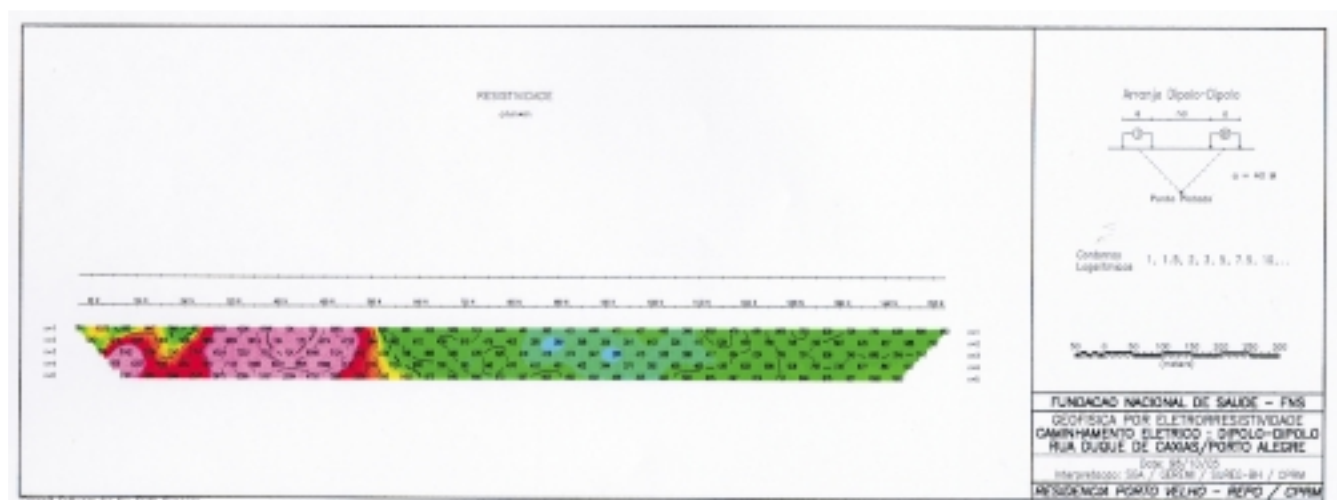


Figura 10 - Pseudo-seção do caminhamento elétrico.

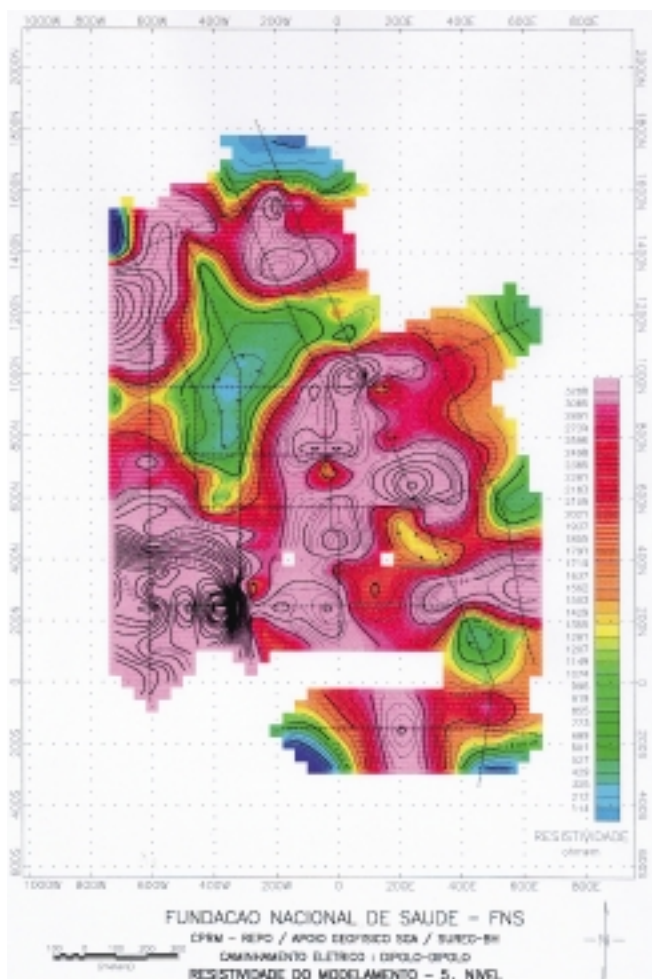


Figura 11 - Mapa de resistividade de modelamento do 5º nível na área urbana de Buritis.

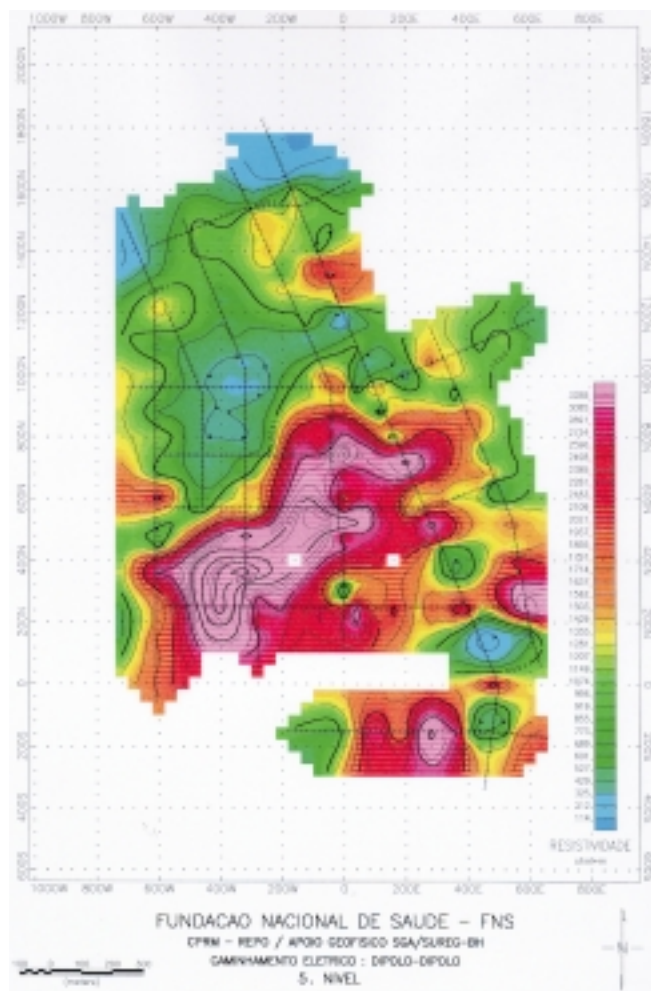


Figura 12 - Mapa de resistividade aparente do 5º nível na área urbana de Buritis.

A análise destes conjuntos de mapas e pseudo-seções permitiu tecer as seguintes considerações:

- as resistividades aparentes dominantes possuem valores de 1000 a 1600 ohm-m, em um intervalo entre 100 e 13.000 ohm-m, correspondentes a níveis argilo-arenosos e rocha sã, respectivamente;
- Já nas resistividades do modelamento teórico predominam valores da ordem de 1200 a 3400 ohm-m, em um intervalo de 50 a 40.000 ohm-m; as discontinuidades subverticais reveladas

nas pseudo-seções podem ser atribuídas a contatos litológicos, alguns dos quais a serem verificados mais detalhadamente pela geologia, e ao avanço do intemperismo de uma forma não uniforme em profundidade, sugerindo um relevo do topo da rocha sã;

- de uma forma compatível, observa-se também, que os mapas de contorno de resistividades aparentes e das resistividades, do modelamento permitem delimitar zonas mais alteradas na rocha cristalina, como zonas favoráveis ao armazenamento de água.

4.4 - Conclusões

Os resultados permitiram delimitar uma área como a mais promissora e alguns pontos isolados para investigações por sondagem mecânica, com necessidade de furos de 60-80 metros, levando-se em conta que as profundidades teóricas calculadas podem sofrer variações de até 30% em relação às profundidades dos locais indicados para furos de captação (Figura 13).



Figura 13 - Planta da área urbana de Buritis com indicação de área para perfuração de poços tubulares.

Integrando-se as informações da eletrorresistividade com as descrições dos dois furos (PT01 e PT02), já executados, chegou-se às seguintes conclusões :

- as resistividades relativamente baixas, com valores até 500 ohm-m, correspondem à cobertura intemperizada com seus diversos materiais, chegando nestes locais até 42 m de profundidade;
- as resistividades maiores podem ser associadas às rochas granitóides sãs, sendo que o topo desses granitóides pode apresentar sinais de intemperismo (fissuras etc.), por vezes representados por uma faixa de resistividades com valores menores, mas que podem chegar a até 1500 ohm-m em rocha sã;
- analisando, tanto as pseudo-seções quanto os mapas de níveis de investigação, observa-se que o mais provável, é que se trata de uma topografia bastante irregular dos granitóides, cobertos por um manto de intemperismo de espessura variada;
- com relação às fraturas/falhas, não se constatou evidências para as mesmas, razão pela qual evitou-se indicações, todavia isto não significa ausência delas;
- outrossim, sabe-se que mantos de intemperismo muitas vezes possuem aquíferos razoáveis e até bons, mas em caso de material muito fino, isto não se verifica. Além disso, em maior profundidade, já na rocha sã, não se atingiu falhas/fraturas ;

De posse dos resultados do presente trabalho, com as interpretações e conclusões supracitadas, e prevalecendo a intenção de abastecer o município com água subterrânea, há necessidade de estudos geológico-estruturais mais detalhados com a utilização de fotografias aéreas mais atualizadas e em escala maior (ex: 1:25.000), para que haja uma maior integração entre os dados geofísicos e estruturais ora levantados. Bem como, reinterpretar os resultados a medida que se obtenham maiores informações de novos poços tubulares perfurados.

5

Sondagem Mecânica

Após a análise dos dados de geofísica e geologia estrutural, foram selecionadas as áreas-alvo para perfuração de dois poços tubulares construídos pela empresa Geoste Construções Civas Ltda de Cuiabá - MT. Os locais escolhidos encontram-se indicados no mapa abaixo (Figura 14). As sondagens mecânicas foram realizadas no período de 01 e 04/02/99.

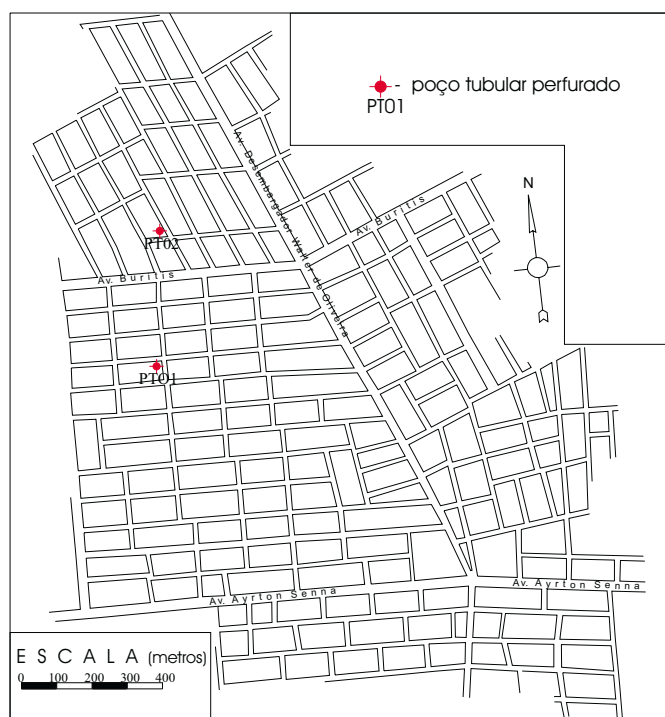


Figura 14 - Mapa da área urbana de Buritis com a localização dos poços tubulares.

No primeiro poço (Figura 15), a cobertura de solo e material residual da rocha foi perfurada da seguinte forma: os primeiros 15 metros pelo método de sondagem rotativa com broca tricônica de 12 ½", dos 15 aos 35 metros com broca tricônica de 10". A partir dos 35, onde passa a ocorrer rocha sã, até os 81 metros, foi usado o método roto-pneumático com martelo de 6".

Durante toda a perfuração, o poço não apresentou condições de fornecimento de água subterrânea, tendo sido considerado improdutivo. O poço foi entupido com material retirado durante a perfuração, tendo sido cimentado e feita uma laje de proteção sobre o mesmo.

No segundo poço (Figura 16), os primeiros 15 metros da cobertura de solo foram perfurados pelo método rotativo com broca tricônica de 12 ½", dos 15 aos 43 metros com broca tricônica de 10". A partir dos 43 metros, onde começa a ocorrer rocha sã, até os 91 metros, foi usado o método roto-pneumático com martelo de 6". Este poço também não apresentou condições favoráveis ao fornecimento de água subterrânea, tendo sido considerado improdutivo. O poço foi entupido com o material retirado durante a perfuração e feita uma laje de proteção sobre o mesmo.



Obs.: Descrição fornecida pela Geoste Construções Civis Ltda.

Figura 15 - Perfil litológico do poço perfurado Pt01



Obs.: Descrição fornecida pela Geoeste Construções Civis Ltda.

Figura 16 - Perfil litológico do poço perfurado Pt02

6

Considerações Finais

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho vem sendo aplicada pela CPRM em vários municípios. Na região amazônica, foi empregada em alguns municípios no Pará; Apuí e São Gabriel da Cachoeira, no Amazonas; distrito de Surpresa, município de Guajará-Mirim em Rondônia e Peixoto de Azevedo no Mato Grosso, dentre outras localidades, sendo que em todos estes houve êxito na obtenção de água subterrânea por poços tubulares.

Na região de Buritis, as várias ferramentas de análise utilizadas, tais como: levantamento geofísico detalhado, análise de imagens de sensoriameto remoto, levantamento hidrogeológico e mapeamento geológico-estrutural; indicaram uma boa favorabilidade para captação de água subterrânea. Entretanto, os dois poços perfurados pela Geoeste Construções Civis Ltda foram considerados secos.

Apesar da metodologia do estudo não ter apresentado bons resultados, não é coerente invalidá-la, pois, como já foi dito anteriormente, o método conta com bons resultados em trabalhos já realizados na região amazônica. O que deve ser feito é reavaliar os parâmetros analisados e definir quais os parâmetros que

influenciaram no posicionamento do aquífero fissural na região de Buritis.

Não foi possível uma maior interação das informações de geologia estrutural com a geofísica, pois, devido a não observação de falhas/fraturas na área urbana (onde foram realizados os trabalhos de geofísica), bem como a falta de fotografias aéreas em escala maior (ex.: 1:25.000), não foi possível definir na área urbana a ocorrência de fraturas de tração (tipo T, com direção N45W) que, juntamente com a geofísica, indicariam, com maior detalhamento, os locais potenciais para locação de poços tubulares.

Os valores de condutividade elétrica e pH indicaram que está havendo a contaminação da água subterrânea na área mais densamente povoada, tal conclusão é corroborada pelos resultados das análises bacteriológicas (coliformes fecais) que demonstram a contaminação da água das cacimbas pelas fossas domésticas. Isto faz com que seja necessário que a água seja clorada ou fervida antes de ser consumida. A presença de coliformes totais em todas as dez amostras analisadas já era de se esperar, uma vez que as cacimbas apresentam características construtivas precárias.

7

Bibliografia

- CETESB. Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo: 1988. 150p. il.
- DAVIS, G.H. & REYNOLDS, S.J. Structural geology of rocks and regions. 2. Ed. New York: John Wiley, 1966. 776p. il.
- DIAGNÓSTICO sócio econômico do município de Buritis. Buritis: Prefeitura Municipal, 1997. n.p.
- DREWS, M.G.P. GATE - Peixoto de Azevedo, MT; prospecção geofísica de aquíferos por eletrorresistividade. Belo Horizonte: CPRM, 1994. 5p. Il.
- DREWS, M.G.P. Projeto Arraial do Cabo, RJ; eletrorresistividade para estudos de fundações e aquíferos. Belo Horizonte: CPRM, 1995. 5p. il.
- NICOLAS, A. Principes de tectonique. Paris: Masson, 1984. 196p. il.
- NICOLAS, A . Principes of rocks deformation: petrology and structural geology. Dordrecht: D. Riedel, 1997. 208p.il.
- ORELLANA, E. Prospeccion geoeletrica em Corriente Continua. Madrid: Paraninfo, 1982. 578p. il.
- SCANDOLARA, J.E.; RIZZOTTO, G.J.; AMORIM, J.L. et al. Mapa geológico do Estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 1998.
- TELFORD, W.M. et al. Applied geophysics. Cambridge: University Bess, 1978. 860p. il.