

Mapa Político do Estado de Rondônia com a localização do município de Campo Novo

CAMPO NOVO

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPO NOVO 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 Moraes

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 CAMPO NOVO (RO)

Autores:

José Cláudio Viégas Campos
Michael Gustav Peter Drews
Jaime Estevão Scandolará

Colaboradores:

Rommel da Silva Sousa
Paulo Roberto Callegaro Moraes

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.....	11
3.3. HIDROGEOQUÍMICA.....	12
3.4. CARACTERIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA E FÍSICO-QUÍMICA.....	14
4. GEOFÍSICA.....	17
4.1. OBJETIVOS.....	17
4.2. METODOLOGIA APLICADA.....	18
4.3. RESULTADOS OBTIDOS.....	18
4.4. CONCLUSÕES.....	20
5. SONDAÇÃO MECÂNICA.....	22
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
7. BIBLIOGRAFIA.....	28

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 Campo Novo de Rondônia (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 de Campo Novo de Rondônia (RO), com uma população de 2.299 habitantes (IBGE, 1997), 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 Campo Novo com o objetivo de atender a demanda de abastecimento de água desta localidade. A metodologia empregada utilizou os seguintes parâmetros: 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 e perfuração de poços tubulares profundos.

O resultado da análise dos vários parâmetros utilizados indicou uma extensa 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. O poço Pt01, com 101 metros de profundidade, durante o teste de produção, forneceu uma vazão de 1,7 m³/h, sendo a vazão calculada para exploração de 1,3 m³/h. O poço Pt02, com 101 metros de profundidade, foi considerado seco.

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 fruto do trabalho desenvolvido pela CPRM em convênio com a Fundação Nacional de Saúde no município de Campo Novo de Rondônia (RO), com o objetivo de avaliar o potencial hidrogeológico da área da sede municipal para atender a demanda de abastecimento de água desta localidade (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.

A sede do município de Campo Novo (Figura 1) 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 mais 130 Km, ao longo da BR 421, até a cidade de Campo Novo.

O município de Campo Novo foi criado em 1992 e não apresenta serviços de infra-

estrutura capazes de atender a contento a sua população urbana de 2.299 habitantes (IBGE, 1997). Com uma área urbana de pouco mais 1,5 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 o período 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.



Foto1 - Vista parcial da área urbana de Campo Novo.

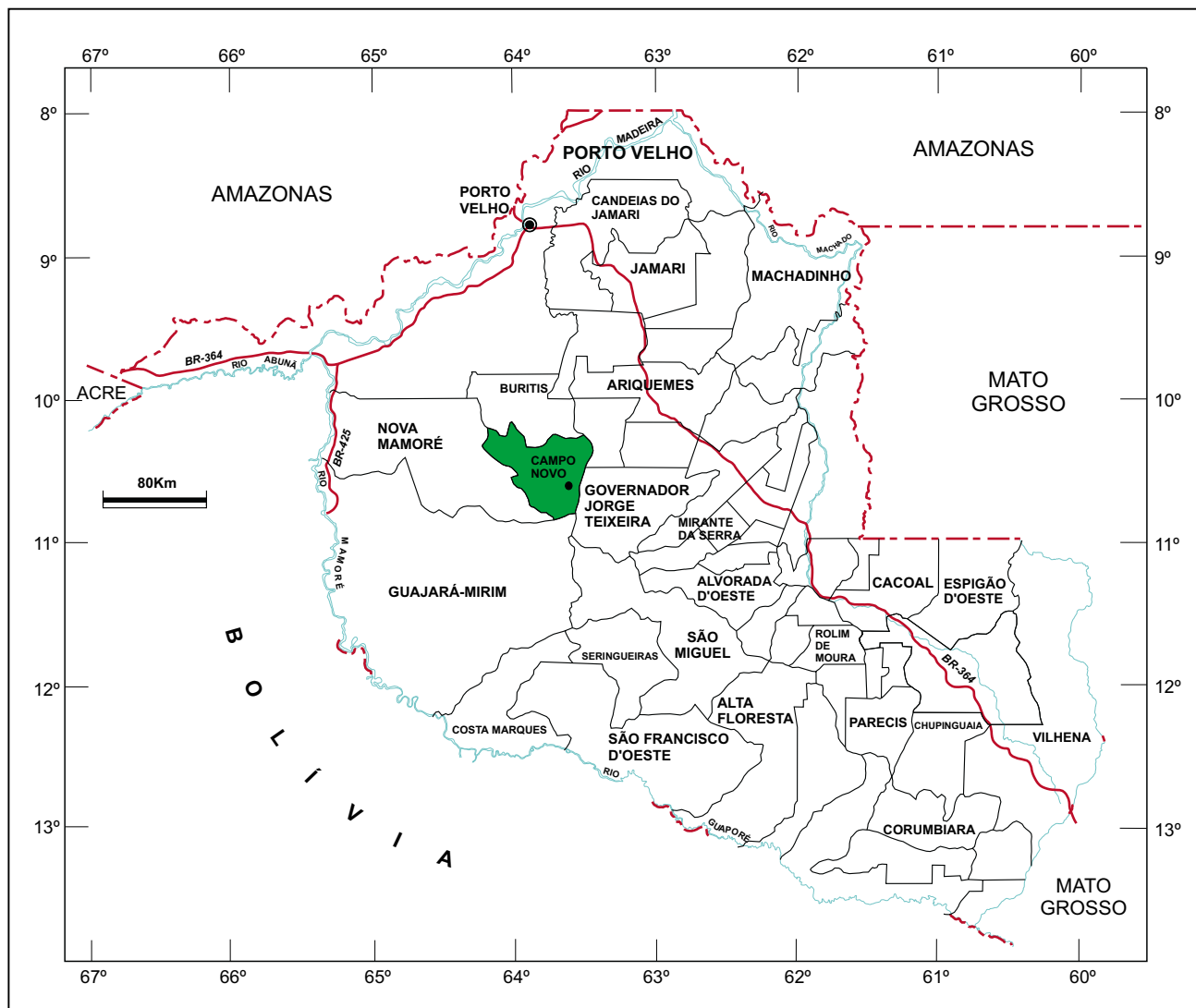


Figura 1 - Mapa Político do Estado de Rondônia com a localização do município de Campo Novo.

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. 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 esta região está inserida.

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

1. Descrição detalhada do afloramento e coleta de amostras;
2. Medição da atitude das fraturas, definição de "famílias", suas interrelações, presença de mesofalha com definição do tipo de movimento e identificação de estrias;
3. 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, as fraturas de tração.

O levantamento mesotectônico dos afloramentos da região de Campo Novo permitiu a coleta de 709 medidas estruturais.

2.1 - Geologia Regional

O quadro geológico da região, compreendida pelo município de Campo Novo (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 a 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 (Foto 2).

As rochas graníticas da região do Alto Candeias 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.

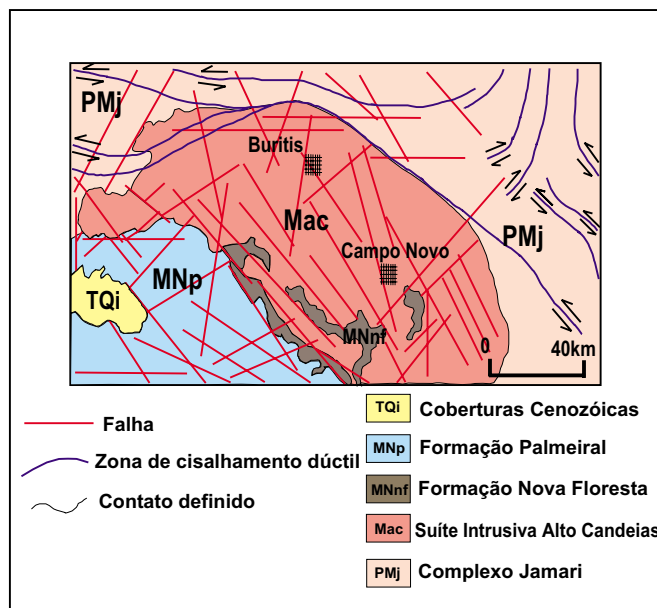


Figura 2 - Mapa geológico simplificado da região de Campo Novo/Buritis.



Foto 2 - Afloramento granítico na região de Campo Novo, 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, 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 perítico, 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 que segmentam as rochas que constituem o terreno do município de Campo Novo (Foto 3) são predominantemente juntas, não raramente fraturas, uma vez que a sua natureza cinemática não pode ser definida, além de falhas, raramente. A figura 3 mostra o conjunto dos principais fotolineamentos interpretados, cujas direções foram integralmente confirmadas em escala de afloramento. A análise estatística das 709 medidas de lineamentos (fraturas) mostrou o seguinte conjunto de "famílias":

1. N-S : 79 medidas;
2. E-W : 110 medidas;
3. N 40 a 50 E : 56 medidas;
4. N 60 a 80 E : 90 medidas;
5. N10 E : 65 medidas;
6. N20 W : 58 medidas;
7. N30 a 50 W : 202 medidas
8. N60 a 70 W : 49 medidas.

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.



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

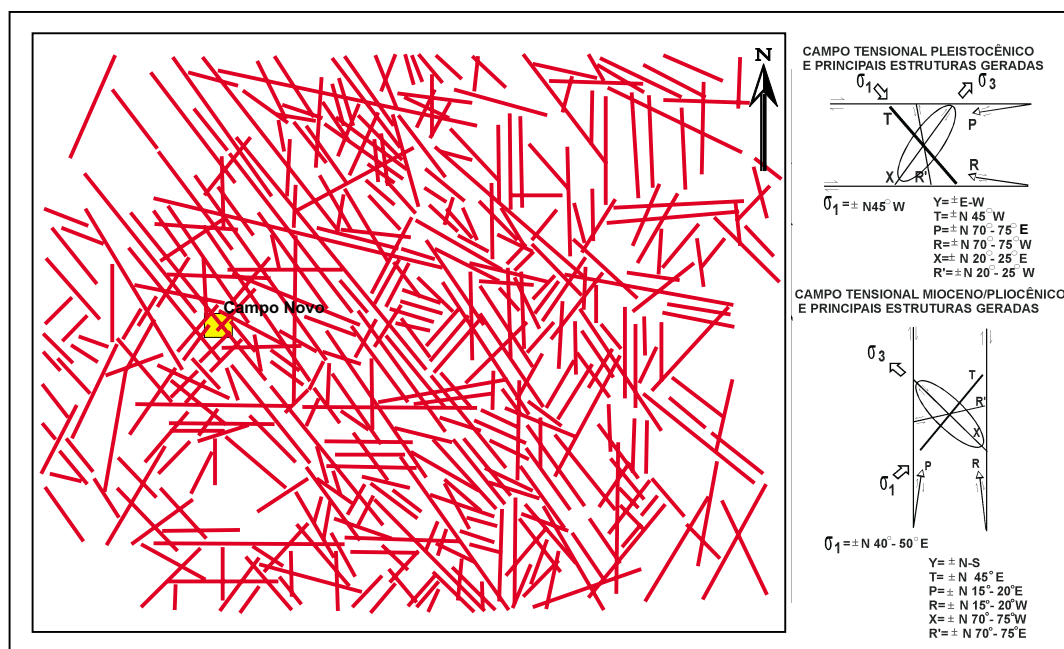


Figura 3 - Mapa de lineamentos foto-interpretados (Escala 1:100.000) e campos tensionais responsáveis pela geração das principais fraturas -Região de Campo Novo.

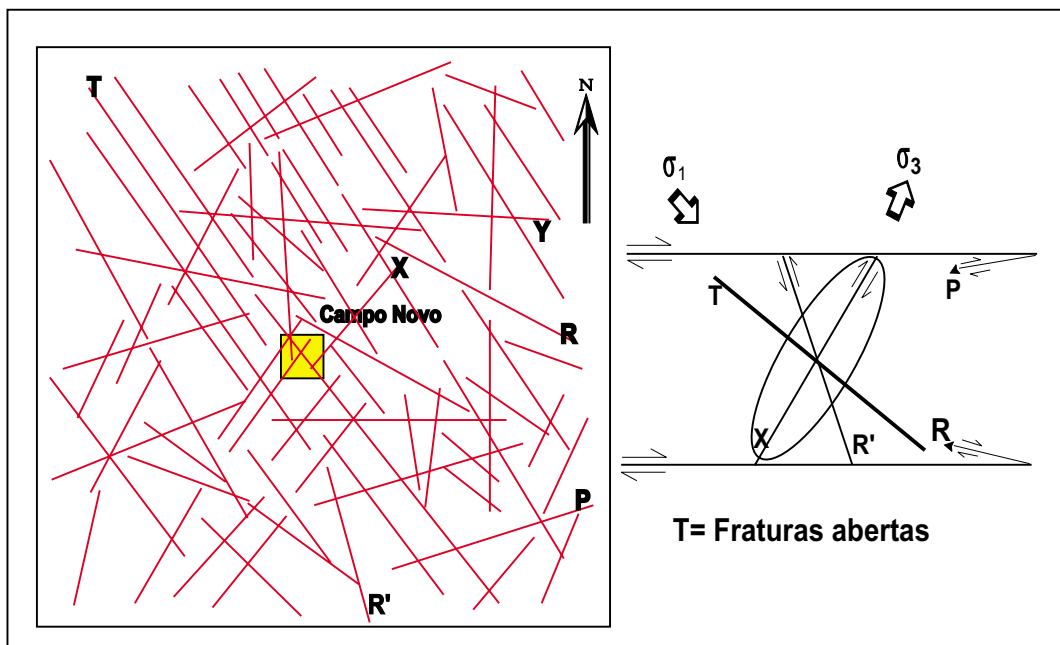


Figura 4 - Esboço em escala ampliada da área em volta da cidade de Campo Novo com os principais lineamentos que a transectam e sua natureza mecânica, de acordo com o campo tensional pleistocênico (último evento tectônico do Cenozóico).

2.3 - Conclusões

Nos diversos afloramentos estudados, pode-se reconhecer a presença de "famílias" de descontinuidades, 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 descontinuidades 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 descontinuidades 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 consequência, deve-se dar especial atenção às fraturas T (fraturas abertas), com direção N45W, sem, contudo, desprezar o entrecruzamento das demais descontinuidades que completam o modelo. Uma questão de extrema importância diz respeito à atitude destas descontinuidades mais "recentes", pois estas estruturas de neotectônica apresentam mergulhos altos (70 a 90), o que limita a sua interconexão em profundidade, deixando como consequência um critério prospectivo ligado principalmente à interconexão destes com as fraturas com menor ângulo de mergulho.

3

Hidrogeologia

A cidade de Campo Novo 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. Na região de Campo Novo não foram encontrados poços que captam água do aquífero fissural.

No processo de intemperismo das rochas graníticas, o produto de alteração, geralmente, é 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.

Apesar de Campo Novo 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 Campo Novo, foram selecionadas 50 cacimbas (ver Tabela 1 e Figura 5) para determinação do nível estático, profundidade, características construtivas, pH e condutividade elétrica, dentre outras informações. Utilizando o nível estático de 41 cacimbas, juntamente com o mapa planialtimétrico da área urbana, foi possível confeccionar o mapa piezométrico de Campo Novo, definindo-se a direção de fluxo da água subterrânea.

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

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	7	6,3	bomba	5,78	91,5	não	dom.	11.09.98	26	6,5	7,55	bomba	4,85	32	-	dom.	14.09.98
2	8,5	7,5	balde	5,14	235	não	dom	11.09.98	27	7,5	6,7	bomba	5,4	35,4	não	-	14.09.98
3	10,5	3,3	bomba	5,48	43,8	sim	dom	11.09.98	28	5,5	4,9	bomba	4,08	22,4	não	dom	14.09.98
4	11	8,75	bomba	4,77	27	não	escola	11.09.98	29	2,5	2,1	bomba	4,11	24,8	não	dom	14.09.98
5	7,5	6,4	bomba	6,2	54	não	dom	11.09.98	30	8	7,5	bomba	4,55	25,3	não	dom	14.09.98
6	7,5	6,6	balde	5,7	42,9	não	dom	12.09.98	31	8	7,55	bomba	4,22	12,6	não	dom	14.09.98
7	8,5	7,8	-	5,77	-	não	dom	12.09.98	32	5	4,45	balde	4,36	15,8	não	dom	14.09.98
8	10	9,6	balde	5,9	48,5	não	não	12.09.98	33	5	4,2	bomba	4,05	19	não	dom	14.09.98
9	9	8,25	balde	5,3	20	não	dom	12.09.98	34	7	6,3	bomba	5,69	27,3	não	dom	14.09.98
10	8	6,9	bomba	5,33	61	não	dom	12.09.98	35	3,3	2,3	balde	4,12	16,2	não	dom	14.09.98
11	10	8,4	bomba	4,9	51,3	não	dom	12.09.98	36	6	5,35	bomba	5,7	88	não	-	14.09.98
12	11	10,5	-	6,4	79	não	dom	12.09.98	37	8,5	8	bomba	5,3	50	não	dom	14.09.98
13	13,5	12,85	bomba	5,28	44,5	não	dom	12.09.98	38	6	5,5	balde	5	25,2	não	dom	14.09.98
14	14	10	bomba	5,9	68	não	dom	12.09.98	39	3,6	3,15	balde	4,76	26,2	não	dom	14.09.98
15	11	8,7	bomba	5,25	39,5	sim	dom	12.09.98	40	3,6	3	balde	4,13	35,7	-	-	14.09.98
16	4,5	3,75	bomba	4,6	80	não	dom	12.09.98	41	7,5	6,7	bomba	4,81	15,8	não	-	14.09.98
17	8	6,4	-	4,9	97	não	dom	12.09.98	42	9,5	8,65	bomba	4,04	13,1	não	dom	14.09.98
18	9	7,8	balde	5,75	54	não	dom	12.09.98	43	10,5	10	bomba	4,46	24	não	dom	14.09.98
19	7,6	7,2	bomba	4,9	76,4	não	dom	12.09.98	44	7,8	7,2	bomba	4,51	22,2	não	dom	14.09.98
20	7,5	6,35	balde	4,35	44,5	não	dom.	12.09.98	45	7	6,45	bomba	4,28	45,2	não	dom	14.09.98
21	11,5	10,85	-	5,38	56,5	não	dom.	12.09.98	46	8	7,65	bomba	5,45	39	não	hotel	15.09.98
22	10,7	10	balde	5,35	36,7	não	-	12.09.98	47	7,5	6,45	bomba	5,72	73,5	sim	dom	15.09.98
23	-	8	-	5,03	42	não	dom.	12.09.98	48	6,5	5,5	bomba	4,46	29,4	não	dom	15.09.98
24	6,5	5,2	bomba	4,53	60,5	-	dom.	12.09.98	49	6	5	bomba	5,7	260	não	dom	15.09.98
25	7	6,3	balde	4,95	60,5	não	dom.	12.09.98	50	4,5	3,5	bomba	4,8	56,7	não	dom	15.09.98

Rev. - Revestimento Prof. - Profundidade NE - Nível Estático dom. - doméstico

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

de água de enxurradas e/ou águas servidas por entre as paredes da cacimba e a manilha (revestimento). A grande maioria possui como tampa ripas de madeira, além de manilhas como revestimento apenas na parte superior da cacimba, em média, com 40 cm acima do nível do terreno. As cacimbas captam água subterrânea de pequena profundidade. Possuem uma profundidade média de 7,6 metros, variando de 2,5 a 13,5 metros.

Foi cadastrado um poço tubular

pertencente a Indústria de Palmito, ainda não inaugurada, localizada na Av. Costa e Silva. A vazão de produção será de 5.000 l/h, segundo informações da Ji-paraná Poços Artesianos, empresa construtora do poço. Possui uma profundidade de 53 metros, entretanto, não capta água das fraturas da rocha cristalina local (granito), mas sim da rocha alterada, denominada tecnicamente de saprolito ou horizonte C.

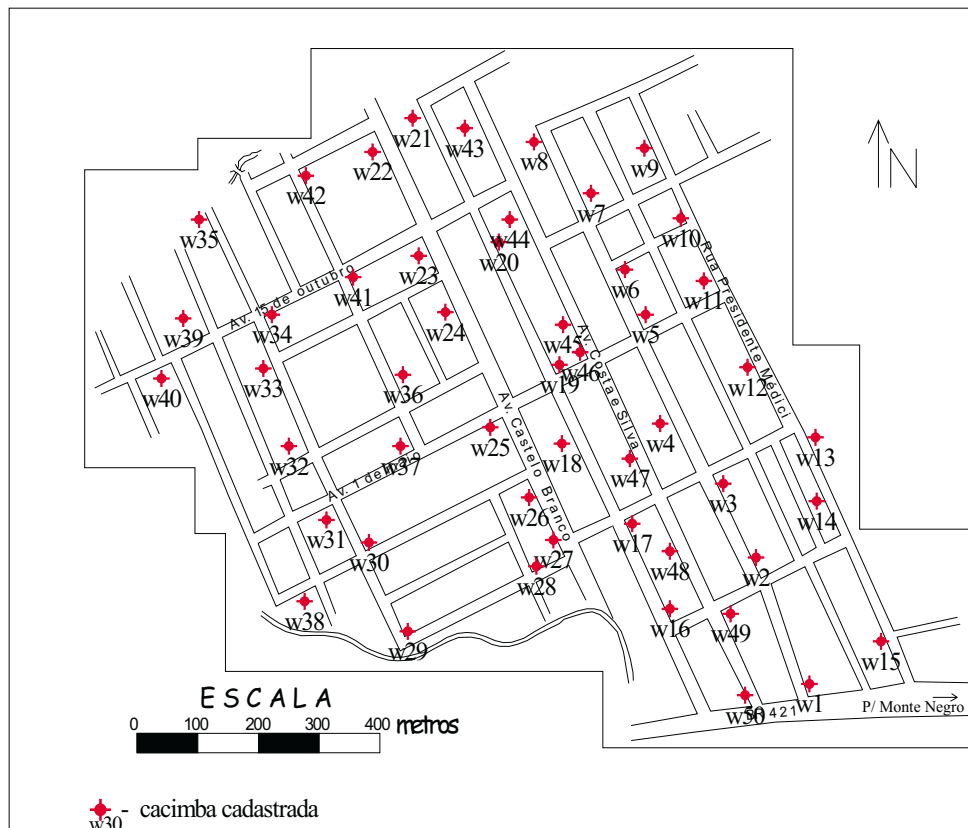


Figura 5 - Mapa da área urbana de Campo Novo com a localização das cacimbas cadastradas.

3.2 - Mapa Piezométrico

Utilizando-se as informações de 41 cacimbas, foi confeccionado o mapa piezométrico da área urbana de Campo Novo (Figura 6). As linhas de isopiezas, como era de se esperar, seguem, aproximadamente, a topografia do terreno. As medições do nível estático foram realizadas no período de 11 a 15/09/98, 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 Campo Novo.

Uma vez que a totalidade da população utiliza-se de água subterrânea para suprir sua demanda, o mapa piezométrico é de bastante utilidade para definição de áreas de proteção desse manancial.

Observa-se que na porção norte da cidade, acima da cota piezométrica de 92 metros, qualquer fonte poluidora com uma certa 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

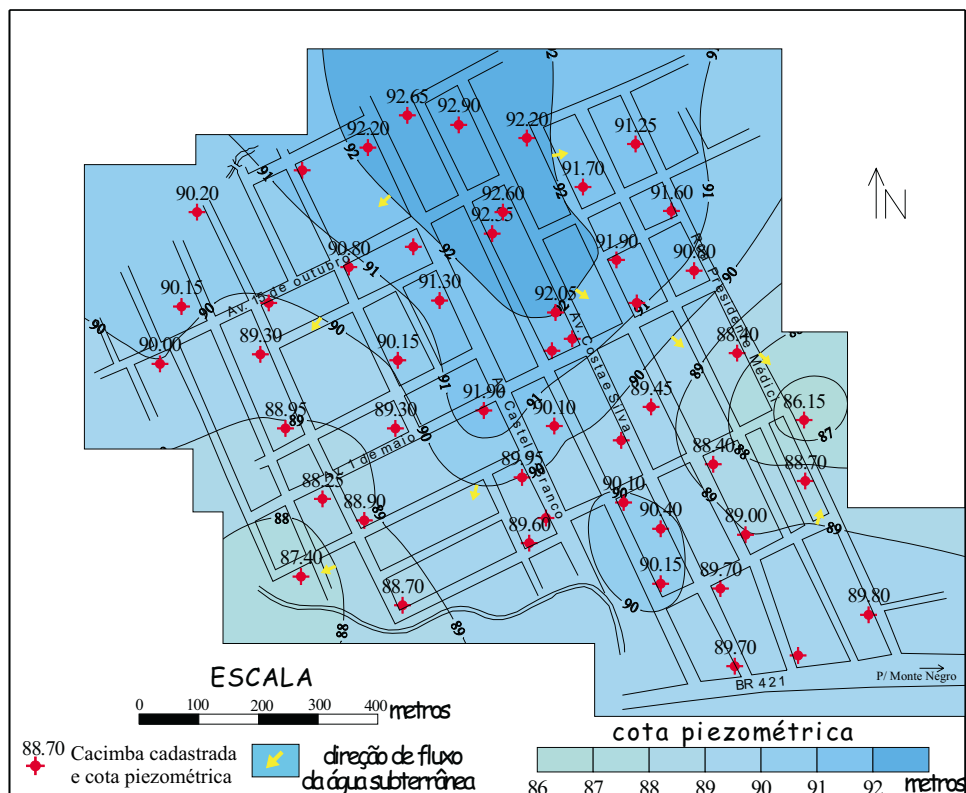


Figura 6 - Mapa piezométrico da água subterrânea da área urbana de Campo Novo.

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 caracterizado pela concentração do íon

H^+ na solução, enquanto a condutividade elétrica (CE) é caracterizada pela 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 97 microS/cm, sendo que mais de 70% das medições são menores do que 60 microS/cm (Gráfico 1), enquanto o pH variou de 4,04 a 6,4, com uma média de 5,03 (Gráfico 2). Foram descartados, para obtenção da média local, dois valores bastante anômalos das cacimbas 2 e 49, respectivamente, 235 e 260 microS/cm. Devido a proximidade, um do outro, estes podem estar associados a alguma forma de poluição antropogênica localizada.

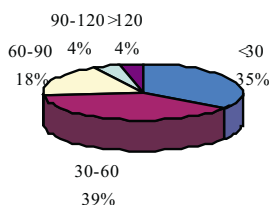


Gráfico 1 - Distribuição dos valores de condutividade elétrica (microS/cm) da água subterrânea das cacimbas em Campo Novo.

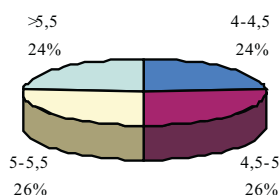


Gráfico 2 - Distribuição dos valores de pH da água subterrânea das cacimbas na área urbana de Campo Novo.

Como já foi dito anteriormente, a área urbana de Campo Novo não possui uma rede de esgotamento sanitário, sendo a disposição dos dejetos orgânicos produzidos pelos domicílios feita em fossas domésticas. Sabendo-se dessa situação, ao se analisar o mapa de condutividade elétrica da água subterrânea (Figura 7), observa-se que os valores maiores do que a média (CE > 44 microS/cm) tendem a se encontrar na área mais densamente povoada da cidade, além disso, os menores valores estão situados na região oeste da cidade, justamente, onde há uma menor densidade demográfica. Isto serve como indicativo para se afirmar que a água subterrânea pode estar sendo contaminada pela concentração elevada na área de fossas domésticas e/ou outras fontes de poluição

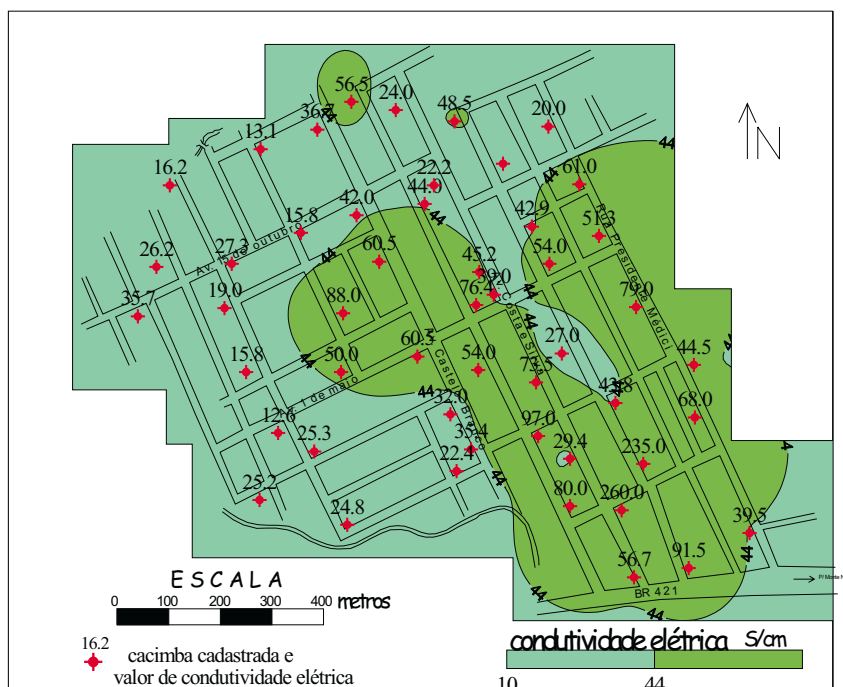


Figura 7 - Mapa indicando o zoneamento dos valores de condutividade elétrica acima da média (44 microS/cm) da água subterrânea freática da área urbana de Campo Novo.

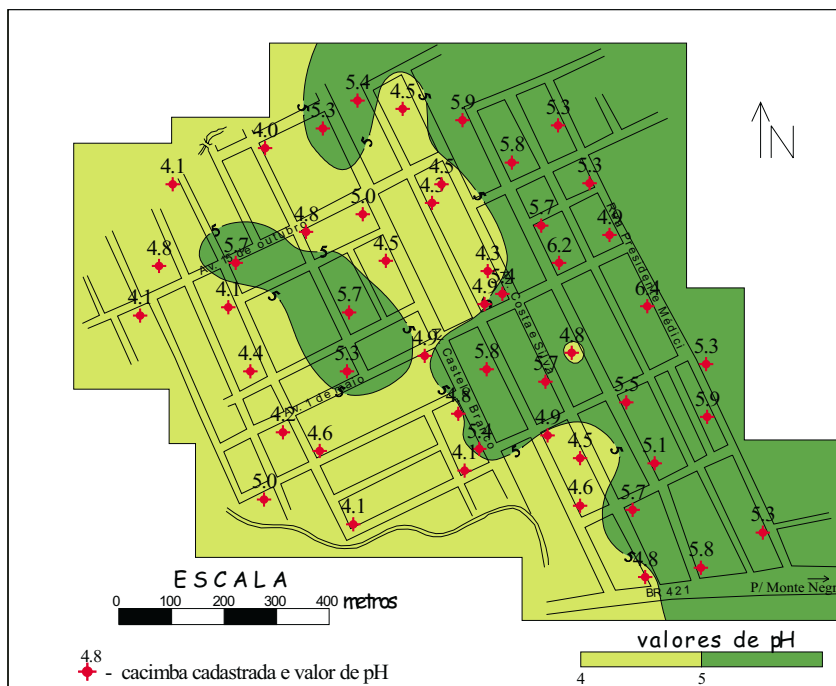


Figura 8 - Mapa indicando o zoneamento dos valores de pH acima da média ($\text{pH} > 5$) da água subterrânea das cacimbas da área urbana de Campo Novo.

antropogênica, tais como: valas negras, disposição de lixo nas ruas, etc.

Tal fato pode, também, ser observado no mapa de distribuição de pH da água subterrânea (Figura 8), onde os valores menores do que a média das medições ($\text{pH} < 5$) encontram-se, predominantemente, na porção oeste da cidade, onde, devido a menor concentração de domicílios, há uma menor interferência antropogênica nas características químicas da água subterrânea.

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 Sanear Engenharia 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.

PARÂMETRO NALISADO	P O N T O D E A M O S T R A G E M									
	Hotel (cacimba 46)	Residência (cacimba 43)	Residência (cacimba 48)	Residência (cacimba 50)	Residência (cacimba 15)	Residência (cacimba 09)	Escola (cacimba 04)	Residência (cacimba 29)	Residência (cacimba 36)	Residência (cacimba 35)
*Resíduo seco	57,40	31,5	37,4	61,3	62,9	74,9	45,8	33,1	48,4	25,1
** Dureza total	8,41	3,46	0,99	0,99	13,37	16,34	10,4	0,99	6,43	0,99
**Bicarbonato	13,29	4,83	4,23	5,43	21,14	21,14	14,49	3,62	10,87	3,62
*Cloreto	1,01	< 0,25	2,03	2,79	0,51	6,09	0,51	1,27	1,27	0,51
***Nitrato	5,38	0,19	1,15	6,33	0,44	1,16	0,02	0,7	1,38	< 0,01
*Sulfato	1,48	0,7	0,35	< 0,05	0,77	2,20	1,68	0,59	1,84	2,6
*Cálcio	3,17	1,19	0,2	0,2	5,15	6,14	3,96	0,2	2,18	0,2
*Ferro Total	0,05	0,17	0,07	0,07	0,22	0,48	0,15	0,24	0,15	0,05
*Magnésio	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,24	0,12	0,12	0,24	0,12
*Potássio	2,09	1,46	1,99	3,44	1,12	3,58	2,29	1,89	2,14	1,1
*Sódio	2,13	1,2	2,67	4,15	2,63	5,92	1	2,17	5,07	1,44

*mg/l ** mg CaCO₃/l *** mg N/l

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

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)
Hotel - Cacimba 46	9 x 10 ³	7
Residência - Cacimba 43	1,6 x 10 ³	1,3 x 10
Residência - Cacimba 48	9 x 10 ³	3 x 10 ²
Residência - Cacimba 50	3 x 10 ²	< 2
Residência - Cacimba 15	1,6 x 10 ³	3 x 10
Residência - Cacimba 09	1,6 x 10 ³	2,1 x 10
Escola - Cacimba 04	9 x 10 ³	1,7 x 10 ²
Residência - Cacimba 29	3 x 10 ²	7 x 10
Residência - Cacimba 36	2,4 x 10 ³	< 2
Residência - Cacimba 35	9 x 10 ³	1,1 x 10 ²

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

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 cacimba 9 (0,48 mg/l), quando o máximo permitido é de 0,3 mg/l. Os valores de nitrato na cacimba 46 (5,38 mg/l) e na cacimba 50 (6,33 mg/l), apesar de estarem abaixo do máximo permitido (10 mg/l), são valores acima da média local (1,7 mgN/l), o que pode estar indicando a contaminação da água subterrânea pelas fossas domésticas.

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 n.º 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 forma a não permitir a entrada de insetos (ex.: baratas), revestimento da parede para evitar desmoronamentos e cimentação do piso ao redor da boca.

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.

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 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 o objetivo de mapear

estruturas favoráveis a acumulação de água, como zonas de falhas e fraturas em rochas cristalinas de subsuperfície, bem como, para estimar a espessura da cobertura 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, usando-se Caminhamento Elétrico, Arranjo Dipolo-Dipolo, com espaçamento entre os eletrodos, $AB=MN=40m$, em cinco níveis de profundidade ($n=5$).

Foram cobertos 10 perfis, perfazendo o total de 8.440 m pelas ruas centrais da cidade, conforme mostra o mapa de localização dos perfis (Figura 9).



Figura 9 - Planta das linhas de caminhamento Elétrico realizadas em Campo Novo.

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 04. a 14.09.98.

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 do 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.

A integração destes dados com as informações geológico-estruturais e hidrogeológicas locais permitiram assim, priorizar alvos com maiores probabilidades para armazenamento de água. 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

A análise do conjunto de mapas e pseudo-seções obtido permitiu tecer as seguintes considerações:

- nas pseudo-seções as resistividades aparentes dominantes possuem valores de 550 a 750 ohm-m, em um intervalo entre 80 e 1.900 ohm-m, correspondentes a níveis argilo-arenosos e rocha sã, respectivamente;

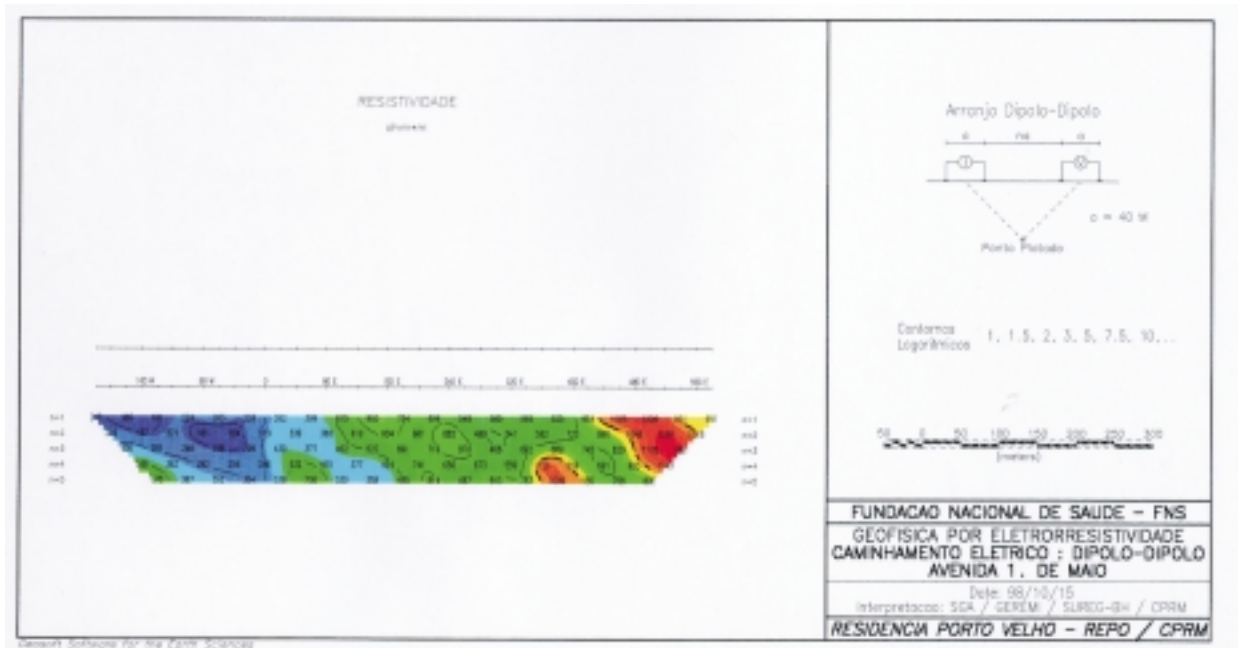


Figura 10 - Pseudo-seção do caminhamento elétrico realizado em Campo Novo.

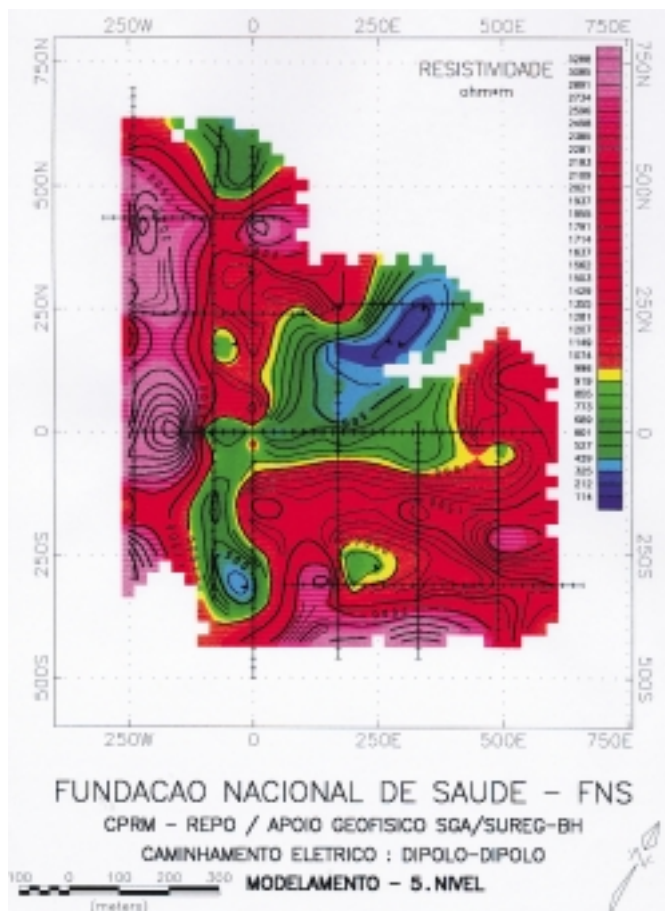


Figura 11 - Mapa de resistividade de modelamento do 5º nível da área urbana de Campo Novo

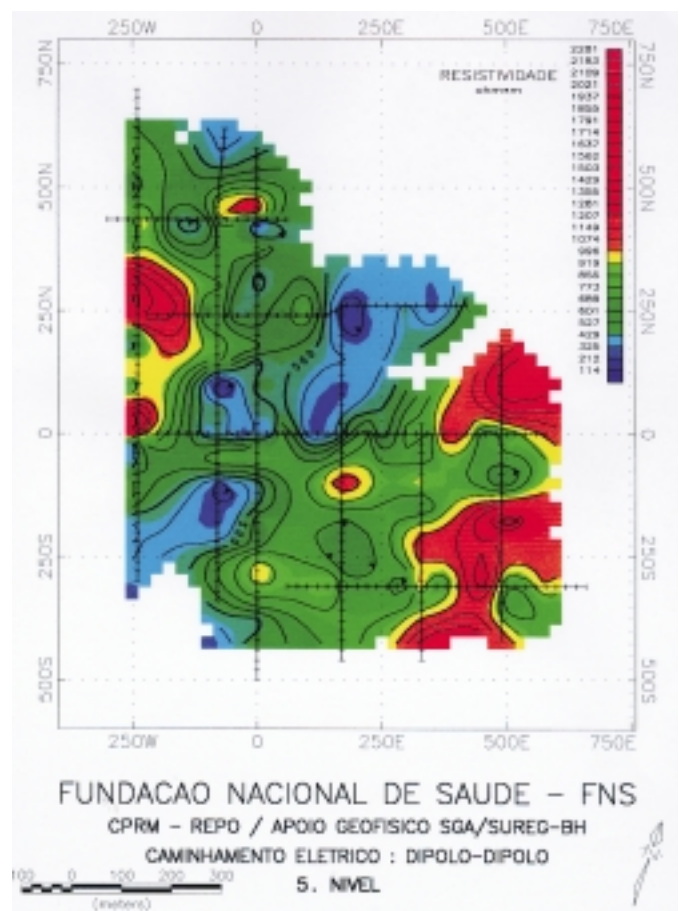


Figura 12 - Mapa de resistividade aparente do 5º nível da área urbana de Campo Novo

- já nas resistividades de modelamento teórico, predominam valores da ordem de 750 a 1500 ohm-m em um intervalo entre 20 e 13.000 ohm-m;

- as descontinuidades 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 a morfologia do topo da rocha sã.

4.4 - Conclusões

De um modo geral, os resultados do levantamento não mostraram a existência de aquíferos com altos potenciais. Mesmo assim, permitiram delimitar uma área mais promissora e alguns pontos isolados para investigações por sondagem mecânica (Figura 13), em profundidades de 60-80 metros, levando-se em conta que estas profundidades teóricas calculadas, podem sofrer variações de até 30% em relação às profundidades reais dos locais indicados para furos de captação.

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

- as resistividades relativamente baixas, com 500 a 800 ohm-m, delimitaram a cobertura intemperizada com seus diversos materiais, chegando-se, nestes locais, a espessuras de até 22 m;

- analisando-se, tanto as pseudo-seções, quanto os mapas de níveis de investigação em profundidade, observa-se que o mais provável é que se trata de uma topografia bastante irregular do topo dos granitóides sãos, cobertos por um manto de intemperismo de espessura variada ;

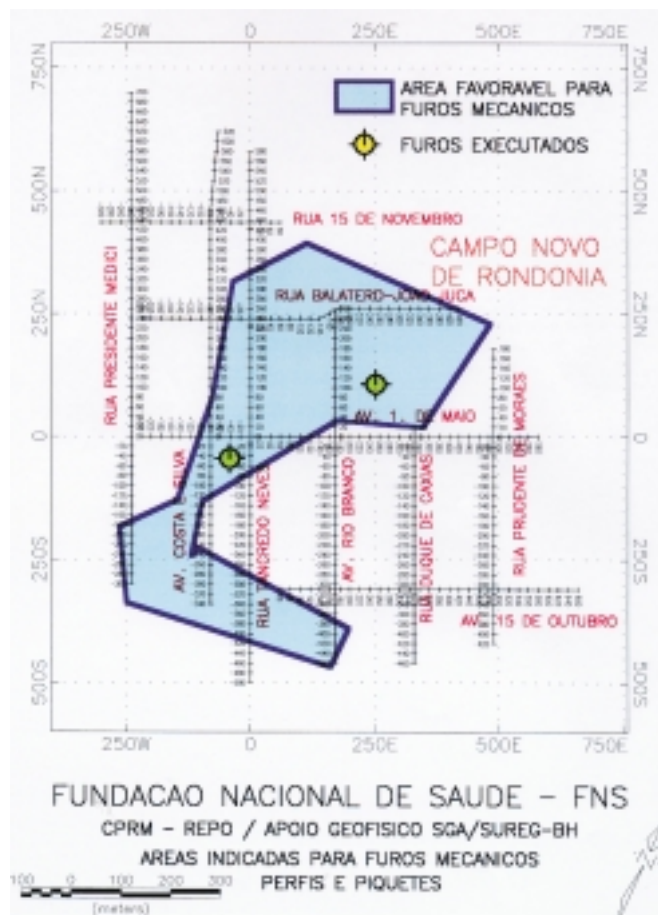


Figura 13 - Planta da área urbana de Campo Novo com indicação de área para perfuração de poços tubulares.

- 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 resistividade com valores menores, mas que podem chegar à 1500 ohm-m em rochas sãs;

- com relação às fraturas/falhas, não se constatou evidências que as caracterizem, razão pela qual evitou-se indicações. Isto não significa ausência delas, porém, só com muita boa vontade o intérprete poderia assinalá-las, a não ser que haja concordância geológica. A par destas restrições, o lineamento da Rua

Tancredo Neves poderia ser correlacionado a um possível alinhamento de falha/fratura;

- outrossim, complementando estas conclusões, sabe-se que mantos de intemperismo muitas vezes possuem aquíferos razoáveis e até mesmo bons. Além disso, em maior profundidade, já em rocha sã, não se atingiu falhas/fraturas, embora o poço PT-01 tenha apresentado uma pequena vazão (1700 l/h), a qual deve ser oriunda da alteração dos granitóides.

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 a necessidade de se fazer 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 interação 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, foram selecionadas as áreas-alvo para perfuração de dois poços tubulares pela empresa Geoste Construções Civas Ltda, de Cuiabá - MT (Figura 14). Os locais escolhidos encontram-se indicados no mapa abaixo. As sondagens mecânicas foram realizadas no período de 06 a 22/02/99.

O primeiro poço (Figura 15) apresentou vazão de produção em torno de 1700 l/h. Foram perfurados 101 metros, sendo, inicialmente, a seqüência geológica constituída por material de alteração de rocha até os 27 metros. Durante a perfuração, observou-se a potencialidade na produção de água na rocha alterada. Dessa forma, foram posicionados 4 metros de filtro no trecho entre 21 e 25 metros. Ao longo da rocha não foram encontradas fraturas portadoras de água (Foto 4).

O segundo poço (Figura 16) teve profundidade final de 101 metros. Foi perfurado em uma zona de blocos, o que fez com que o processo de perfuração fosse bastante trabalhoso. Ao chegar aos 16 metros,

aproximadamente, após perfurar um bloco, alcançou-se material de granito alterado com água, entretanto, como nesse trecho começou a haver desmoronamento, foi necessário fazer a injeção de cimento no poço e perfurar novamente através desta. Dessa forma, foi feita a cimentação das paredes desse trecho do poço, evitando o desmoronamento, mas selando completamente o aporte de água. A perfuração prosseguiu até os 101 metros, não sendo encontrada nenhuma fratura portadora de água. O poço foi considerado seco.



Foto 4 - Poço tubular (Pt01) sendo perfurado na Av. 1º de maio.



Figura 14 - Mapa da área urbana de Campo Novo com a localização dos poços tubulares perfurados.

6

Considerações Finais

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

Na região de Campo Novo, as várias ferramentas de análise utilizadas, tais como: levantamento geofísico detalhado, análise de imagens de sensoriamento 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. frustraram todas as expectativas. O poço PT01 produziu uma vazão de 1,7 m³/h durante o teste de bombeamento, sendo a vazão calculada recomendada para sua exploração de 1,3 m³/h. A zona produtora está associada ao horizonte C ou rocha pouco alterada, fato este que já era esperado por se tratar de alteração de rocha granítica que produz um material com boa porosidade e permeabilidade.

Entretanto, o objetivo principal do estudo era a localização de zonas fraturadas portadoras de água na rocha cristalina.

O poço PT02 foi considerado seco. Entretanto, ao longo da perfuração foi encontrado água no trecho de 16 a 18 metros, na zona de rocha alterada, mas devido a problemas de desmoronamento das paredes do poço, foi necessário realizar a cimentação desse trecho e conseqüentemente interromper o aporte de água.

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 novos parâmetros que possam ter influenciado no posicionamento do aquífero fissural na região de Campo Novo.

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.
- CONTAGEM da população 1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. 2v.
- DAVIS, G.H. & REYNOLDS, S.J. Structural geology of rocks and regions. 2. Ed. New York: John Wiley, 1966. 776p. il.
- 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.