

## POTENCIALIDADE HIDROGEOLÓGICA DO GRUPO CUIABÁ

N. Naveena Chandra \*  
Kurt J. Albrecht \*\*

\* Professor Adjunto, Departamento de Geologia, FUFMT, Cuiabá, MT.

\*\* Graduando em Geologia

### ABSTRACT

This work presents description of a methodology of prospecting for ground water in phyllites of Cuiabá Group of Proterozoic age. The method of prospecting was developed by a crew of the Geology Department, and was applied in locating water wells in various urban centers of the state of Mato Grosso. The formal indication of the location was conveyed to SANEMAT, the state Government's Department of Sanitation, which conducted the drilling programme.

These rocks are poor aquifers because of their extremely low hydraulic conductivity, and the search for ground water is restricted to fracture zones in the underground.

The geologic and subsurface mapping, made difficult by the great soil cover, was done by the geophysical surveys. These latter were carried out in areas predetermined by the airphoto interpretation.

The multidisciplinary nature of the work includes three following steps of execution:

- 1 - Identification of structural features by airphoto interpretation.
- 2 - Geological and geophysical field work.
- 3 - Integrated interpretation of the data - formal indication of the point for drilling.

It was observed that it is possible to minimize the risk of dry wells by applying this method.

### RESUMO

Este trabalho oferece a descrição de uma metodologia de prospecção para águas subterrâneas em rochas filíticas e pelíticas do Grupo Cuiabá, de idade Proterozóica. Os métodos foram desenvolvidos por uma equipe do Departamento de Geologia, e foram aplicados na locação de poços tubulares profundos nos vários centros urbanos do estado. A indicação formal da locação foi transmitida à companhia de Saneamento do Estado de Mato Grosso - SANEMAT - a qual realizou as perfurações.

A baixa condutividade hidráulica das rochas deste grupo resulta em péssimas armazenagens de água subterrâneas, cuja procura é restrita às zonas de fraturamentos sub-superficiais.

Como o mapeamento geológico é dificultado pela presença de uma extensa cobertura de solo residual, foram realizadas as pesquisas geofísicas para facilitar o mapeamento de subsuperfície. Estes últimos foram feitos nas áreas promissoras, pré-determinadas pela fotointerpretação.

Assim, a natureza multidisciplinar deste trabalho inclui primeiramente três etapas na fase de execução:

- 1 - Identificação das feições estruturais através de fotointerpretação.
- 2 - Trabalho de campo - Geológico e Geofísico.
- 3 - Interpretação integrada dos dados - Indicação dos pontos de perfuração.

Foi observado que através desta metodologia é possível minimizar o risco de poços secos.

## 1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos, pela sua pureza, proximidade do sistema de distribuição e por dispensar os investimentos em caras estações de tratamento, reduzindo drasticamente os custos de manutenção, vem sendo preferidos crescentemente para solucionar o problema de abastecimento das comunidades de pequeno e médio porte. O fator que en carece o aproveitamento deste recurso, entretanto, é a incerteza quanto a sua existência e quanto ao volume produzido, que eleva os riscos de retorno do capital investido inicialmente na perfuração dos poços que eventualmente se revelam improdutivos.

A atividade hidrogeológica de uma região desenvolve-se em função da produção dos poços locados, é essencial, pois, desenvolver uma atividade de prospecção de água similar à pesquisa de qualquer bem mineral, adquirindo importância fundamental, cujo objetivo é reduzir a margem de risco associado com sondagens arbitrárias.

Visando diminuir ao mínimo possível essa margem de insucesso, que fatalmente ocorrerá face a carência de informações, a companhia de Saneamento de Mato Grosso contratou os serviços técnicos da Universidade Federal de Mato Grosso através do Departamento de Geologia.

As localidades onde foram realizados os estudos geológicos e geofísicos, encontram-se na fig. 01.

O presente trabalho trata apenas de uma das divisões lito-estratigráficas que atingem as cidades locadas - Rochas do Grupo Cuiabá, já que nossos estudos foram divididos em cinco grupos para divulgação em meios científicos:

- 1 - Cráton Guaporé
- 2 - Grupo Cuiabá
- 3 - Bacia do Alto Paraguai
- 4 - Bacia do Paranã
- 5 - Basaltos - Serra Geral e Tapirapuã

A combinação de observação geológica da superfície com métodos geofísicos de prospecção, complementada por informações de subsuperfícies existentes e trabalhos de reconhecimento executados por agências governamentais, aumenta consideravelmente o cuidado do método de locação utilizado.

As características fisiográficas são definidas pela Baixada Cuiabana, sendo esta recortada por pequenos córregos com vales em V e interflúvios bem marcados, embora sem desníveis muito grandes, estando as altitudes médias em torno de 200 a 300 metros. A temperatura média anual é de 24-26°C sem variações marcadas de inverno-verão; o clima é caracteristicamente tropical continental.

A sequência metamórfica do Grupo Cuiabá é constituída por filitos metarcóseos, quartzitos e outras litologias menos significativas, intensamente recortadas por veios de quartzo leitoso, não apresentando uma distribuição preferencial. A xistosidade regional tem direção N60E 70NW (Guimarães, G. E. & Almeida, F. F. M. de., 1969). A espessura do Grupo Cuiabá, segundo os autores acima citados, é superior a 1000 metros.

Processos de laterização sub atual, originando crostas lateríticas às vezes de regular espessura, como as encontradas em Poconé, Santo Antônio do Leverger e outras cidades, são vistas em toda a região, constituindo a Pedra Canga - agregação de fragmentos de rochas silicosas com intensa cimentação ferruginosa.

As rochas filíticas e pelíticas encontram-se intensamente dobradas, porém da ação do intemperismo resultaram zonas horizontais, ou quase horizontais, da seguinte maneira:

- 1 - Cobertura laterítica
- 2 - Cobertura de solo
- 3 - Filito completamente alterado
- 4 - Filito parcialmente alterado
- 5 - Filito inalterado

O interfície entre qualquer destas camadas pode servir como armazenadora de água, gerando, assim, uma camada condutora sobre outra não condutora, contato este detectável pelo método de eletroresistividade.

As águas subterrâneas estão relacionadas a fraturas e juntas, que podem servir como portadoras. As águas assim transportadas para profundidade, podem ser trapeadas pelas falhas ou intercalações de quartzitos ou outras formações e estruturas impermeáveis.

## 2. MÉTODO E EQUIPAMENTO

O método de resistividade elétrica, consiste essencialmente em medir a diferença de potencial ( $\Delta V$ ), entre dois "eletrodos correntes" de potencial (M e N), quando uma corrente (I) passa através de outros dois "eletrodos correntes" (A e B).

A configuração Schulmberger foi usada para todos os trabalhos de campo executados nesta pesquisa, e consiste na colocação dos eletrodos A, M, N e B em linha, sendo a distância M-N muito menor em relação a AB. Esta condição é requerida para assegurar a uniformidade do campo elétrico entre MN à profundidade igual a AM, BN, AN ou BM. Estas quantidades são iguais para  $AB/2$ , desta maneira a profundidade de penetração é da ordem da metade da distância AB. O método consiste em manter fixos os eletrodos M e N numa posição equidistante do centro da configuração, enquanto A e B (eletrodos correntes) são movidos a cada medida de  $\Delta V$  e I. A principal vantagem tática deste método é o tempo economizado movendo-se somente dois eletrodos, em vez de quatro, como na configuração WENNER.

A sensibilidade da configuração Schulmberger (ou Wenner) para detecção das camadas horizontais foi demonstrada teórica e praticamente nas várias aplicações (vide Figueirola, 1974). Nossas experiências mostraram que a detecção de estruturas verticais ou quase verticais também pode ser feita eficientemente por esta configuração dos eletrodos, quando os dados são manipulados cuidadosamente.

Segund Kunetz (1966), podemos formular duas propriedades das curvas de sondagens Schulmberger, considerando que cada curva observada no campo apresenta um modelo de acamamento, cuja semelhança pode ser encontrada no jogo de curvas padrão:

- 1 - Cada vez que o eletrodo corrente passa sobre um isolador, como um veio de quartzo, os valores de resistividade ficam numa faixa acima da curva normal.
- 2 - Cada vez que o eletrodo corrente passa sobre um condutor, como numa fratura saturada em água, os valores de resistividade ficam numa faixa abaixo da curva normal.

As informações de campo, tabuladas e locadas graficamente, são interpretados pelo método de comparação com curvas padrão de comportamento na configuração Schlumberger, elaboradas matematicamente por Orellana e Mooney (1966).

Uma interpretação feita para cada curva corresponde a cada sondagem, constitui um esquema de camadas com suas respectivas resistividades e espessuras. Este esquema fornece uma estrutura, em subsuperfície, relacionada com a geologia daquele ponto. Um conjunto de sondagens numa área, proporcionará um corte geoeletrico daquela área, o qual fornecerá a base de locação de pontos para perfuração.

O eletro-resistivímetro usado nesta pesquisa, modelo ER-300, é um instrumento fabricado pela Multitron do Brasil. Ele permite fazer sondagens com corrente contínua até a profundidade de 300 metros, com precisão de mais ou menos 2% e com sensibilidade de voltagem de 100 micro-volts (corrente contínua) e resistência de 400 mega ohms por volt e para maiores profundidades da penetração pode-se utilizar a saída de 80 watts. Com a corrente contínua, é possível eliminar em os inconvenientes da corrente alternada, como a penetração limitada e possíveis interferências. A fonte é uma bateria de 12 V, C.C. com os circuitos totalmente transistorizados com semi-condutores de silício, podendo alcançar voltagens de saída de até 500 V se acoplada a um amplificador eletrônico estável e sensível.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### A - CUIABÁ

Os perfis de eletroresistividade foram executados em duas direções ortogonais, sendo paralelos e perpendiculares a direção N 70 E, co

mo mostrado na Fig. 02, visando a locação de um poço tabular profundo, no campus universitário.

O ponto 3 (Fig. 02), foi indicado para perfuração, chegando-se às seguintes conclusões:

- 1 - Os perfis que apresentam o nível freático é superior, não mostram os níveis de água inferiores.
- 2 - Os perfis que apresentam os níveis de água profundos, não mostram os níveis rasos.

As profundidades de ocorrência de água, além de lençol freático (11-16 metros), foram detectados apresentando uma ordem decrescente de encontrar água subterrânea nestas rochas:

- a) 26-33; b) 21-22m; c) 62-64m; d) 43-45m e e) 104m.

Na Fig. 03 está ilustrada a configuração de níveis de água subterrânea nestas rochas. O nível de água se manifesta como bom refletor de energia elétrica, restringindo a transmissão desta energia. Esse nível de água, na verdade é suspenso, isto se explica pelo fato de na área estudada ser detectado apenas em alguns locais. A terminação deste ocorre, possivelmente, quando se encontra uma fratura ou falha, ou ainda qualquer outra feição estrutural semelhante. Contudo, a água tem um fluxo nos níveis profundos através de possíveis (a) formações permeáveis e (b) de canais subterrâneos verticais ou inclinados. Na Fig. 03 as áreas achuriadas são níveis de água e as áreas em branco são canais de fluxo de água.

Esse modelo para água subterrânea, como mostrado na Fig. 03 é bastante simplificado, porém realístico. A configuração de águas subterrâneas é controlada pelas estruturas em subsuperfícies e assemelha-se a um fluxograma ou galerias, sendo eles corpos de água em suspensão. Consequentemente é ultrasimplístico a procura do lençol freático que se estende linearmente para distâncias consideráveis. Condições artesianas não existem nestas formações. Contudo, a ausência do nível raso de água aparentemente é uma indicação para vazão dos níveis profundos.

O quadro 1 mostra o perfil litológico do poço no Campus da FUFMT, sendo que seus modelos de interpretação geofísica estão apresentados no Quadro 2.

Citam-se ainda outras características deste poço:

- profundidade: 112 metros
- diâmetro de perfuração: 0 - 15 metros em 10"  
15 - 19 metros em 08"  
96 - 112 metros em 07"
- revestimento: 0.70m a 15.80m em tubos lisos, com  $\varnothing$  8"
- preenchimento do espaço anular com seixos de quartzo de 2,00 mm a 15,00 mm
- cimentação de 0.00m - 2.00 mm
- vazão de teste (com compressor):  $17m^3/h$
- nível estático: 11.0 m
- nível dinâmico: 24.5 m

A Hidrogeoquímica, é dada pelo exame físico-químico com os seguintes resultados:

---

#### EXAME FÍSICO-QUÍMICO

---

pH	8.1
Alcalinidade $HO^-$	0.0mg/l $CaCO_3$
Alcalinidade $CO_3^{--}$	- mg/l $CaCO_3$
Alcalinidade $HCO_3^-$	274.0mg/l $CaCO_3$
Gás carbônico Livre (gráf)	7.0mg/l $CO_2$
Dureza total	174.0mg/l $CaCO_3$
Dureza permanente	174.0mg/l $CaCO_3$
Dureza temporária	100.0mg/l $CaCO_3$
Nitrogênio amoniacal	- mg/l N
Nitrogênio nitrito	0.0mg/l N
Nitrogênio nitrato	0.0mg/l N
Fosfato	- mg/l P
Cloreto	2.5mg/l CL
Fluoreto	0.30mg/l F
Sulfato	- mg/l $SiO_2$

Sílica	47.5 mg/l SiO <sub>2</sub>
Turbidez	19.0 F.TV
Cor	15.0 mg Pt/l
Cond. Esp. a 25°C	.3/cm
Resíduo total	270.0 mg/l
Resíduo fixo	130.0 mg/l
Oxigênio consumido	0.400 mg/l O
Ferro	0.05 mg/l Fe

Um grande problema encontrado na prospecção de água subterrânea a nesta região, é o mapeamento de estruturas, como falhas, cuja importância neste aspecto já foi narrada, sendo essa dificuldade aumentada pela grande cobertura de solo residual. Mesmo que uma falha seja percebida pela topografia ou pelos pequenos pacotes de afloramentos intensamente fraturados, sua confirmação pelos métodos independentes ou indiretos foi necessária. Visando esta meta, foi usado o método de magnetometria cuja capacidade em delineamento de falhas foi amplamente demonstrada (Figuerola, 1974). A Fig. 04 é um exemplo de pesquisa através da magnetometria, executada sob essas condições geológicas, mostrando linhas de isogamas do Campo Magnético total da Terra, obtidos pelo magnetometro de precessão nuclear, fabricado pela Multitron. Segundo Telford et al. (Applied Geophysics, 1976) a susceptibilidade magnética média do filito é igual a  $130 \times 10^{-6}$  emu, um valor bastante pequeno. Os estudos anteriores demonstraram, que a variação do campo magnético nas rochas do Grupo Cuiabá é suave e os perfis magnéticos foram quase lineares.

Qualquer desvio deste padrão pode ser considerado como uma anomalia, o que pode ser visto na Fig. 04, onde encontramos uma variação de 80 gammas (630-550) do campo magnético, numa distância de 275 metros, com curvas isogamas bem definidas. Esta foi interpretada como uma falha, usando uma fórmula dada por Grant e West (Interpretation Theory in Applied Geophysics, 1965, pág. 323). Sendo  $i=0$ ,  $\lambda=10$ ,  $H=24594$  gammas para Cuiabá, e  $K = 130 \times 10^{-6}$  emu para filito, foi calculado o deslocamento que é igual a 100 metros. NOTA:  $i$  = inclinação do campo magnético da Terra;  $\lambda$  = declinação;  $K$  = susceptibilidade magnética da rocha.

#### B - POCONÉ

A cidade de Poconé, situa-se a sudoeste de Cuiabá, a uma distância de aproximadamente 100 Km, a cidade repousa sobre os metamorfitos do Grupo Cuiabá, cujos afloramentos estão parcialmente distribuídos pela existência de uma crosta laterítica que cobre a maior parte da cidade. Os poços domésticos que exploram o lençol freático, mostram uma espessura na ordem de cinco metros desta capa laterítica, após a qual se encontra, em geral, um solo argiloso passando gradualmente a um estágio menos avançado da laterização, até o filito alterado de cor cinza azulado, recortado por veios de quartzo leitoso, o que torna necessário um revestimento destes poços a partir de fim da crosta laterítica.

A topografia apresenta formas muito suavizadas, com desníveis da ordem de pouca dezenas de metros, o que é aliado aos fatores climáticos e a derrubada da cobertura vegetal primitiva, ao que parece desempenha importante papel na formação dos latossolos que aí ocorrem.

Procurou-se orientar os perfis elétricos de forma paralela e perpendicular aos alinhamentos observados em fotografias aéreas. A fotointerpretação é apresentada na Fig. 05, onde estão delineadas duas direções preferenciais das fraturas E-W e NNW. A Fig. 05b mostra um diagrama de fraturas, medidas nos afloramentos daquela cidade.

As curvas de resistividade típicas observadas sobre fraturas servindo como portadoras de água nas rochas do Grupo Cuiabá estão ilustradas na Fig. 06. Embora tenha sido indicado como ponto de perfuração a curva 1 sabe-se que o local de curva 2 é igualmente válido.

#### C - NOSSA SENHORA DA GUIA

Localiza-se também sobre as rochas do Grupo Cuiabá o distrito de Nossa Senhora da Guia e é caracterizada por afloramentos, nas suas

proximidades, de rochas carbonáticas cuja idade ainda não foi definida satisfatoriamente. A expressão topográfica dessas últimas é a de cristas alinhadas com direção entre N30° - 40°E, destacando-se do relevo de colinas e ondulações suaves, típicas da baixada Cuiabana. No leito do rio Coxipó-Açú, afluente do rio Cuiabá, afloram metaparaconglomerados, constituídos de uma matriz areno-argilosa, na qual se encontram imersos, bastante espessadamente, seixos de quartzo com tamanho variável, podendo atingir 30 cm de diâmetro. Essas rochas possuem mergulho de 70 NE e direção concordante com a faixa calcárea exposta.

A topografia da área a NW da sede é bastante acidentada, sendo recortada por numerosos pequenos drenos, o que indica a pouca permeabilidade e dificuldade de infiltração das águas por precipitação no subsolo.

Os dados eletroresistivimétricos obtidos no distrito da Guia, foram interpretados por dois tipos de modelo geo-elétrico.

#### MODELO 1

	ESPESSURA (m)	RESISTIVIDADE (ohm-m)
Camada 01	03	1700
Camada 02	75	85
Camada 03	-	340

#### MODELO 2

	ESPESSURA (m)	RESISTIVIDADE (ohm-m)
Camada 01	1.7	29
Camada 02	8.5	12
Camada 03	43.0	145
Camada 04	-	-

A quarta camada do modelo 2, é provavelmente filito inalterado e as três camadas que a sobrepoem seriam da mesma rocha, porém um pouco alteradas. A tendência da eletroresistividade é aumentar com a profundidade no modelo 2 e diminuir no modelo 1. Naturalmente, a escolha de um ponto para perfuração é restrita para os pontos pertencentes ao modelo 2.

#### 4. VAZÃO DOS POÇOS LOCADOS SOBRE O GRUPO CUIABÁ.

	PROFUNDIDADE (m)	VAZÃO (m <sup>3</sup> /h)
Cuiabá 1	112	17.000
Cuiabá 2	170	5.000
Poconê	150	25.000
Rosário Oeste	150	15.000
Guia	150	7.000
Livramento	150	8.200

#### 5. CONCLUSÃO

A metodologia apresentada neste trabalho engloba atividades de pesquisa em fotogeologia, trabalho de campo de geologia e geofísica e interpretação dos dados geofísicos, culminando numa indicação formal de pontos onde sejam perfurados os poços tubulares profundos.

As experiências mostraram que através deste método multidisciplinar de geologia e geofísica, não se corre o risco geralmente associado com sondagens arbitrárias, mas obtêm-se um sucesso na locação de poços de produção.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos membros do Departamento de Geologia, membros da Administração Superior da Universidade Federal de Mato Grosso e à SANEMAT pelo encorajamento contínuo de todo programa, em particular ao Prof. Sátyro Pohl Moreira de Castilho, coordenador do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da FUFMT, pelo insessante apoio durante a fase da execução do projeto.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. FIGEUIOLA, J. C. (1974). "Tratado de Geofísica Aplicada". Librêria Ciências - Ind. S. L. Madrid.
2. GRANT, F. S. e WEST, G. F. (1965). "Interpretation Theory in Applied Geophysics". McGraw Hill, Book Company.
3. GUIMARÃES, G. e ALMEIDA, F. F. (1969). "Projeto Cuiabá - Uma nota explicativa". Ministério das Minas e Energia, DNPM.
4. KUNETZ, G. (1966). "Principles of Direct Current Resistivity Prospecting". Geopublication Associates, Geoexploration Monographs, 1.<sup>a</sup> e nº 1. Gubrunder Borntreager.
5. ORELLANA, E. and MOONEY, M.M. (1966). "Master Tables and Curves for Vertical Electrical Sounding over layered Structures". Interciência.
6. TELFORD, W. M., GELDART, L.P. SHERIFF, R.E., e KEYS, D.A. (1976). "Applied Geophysics". Cambridge University Press.

FIG.- 01

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS CIDADES

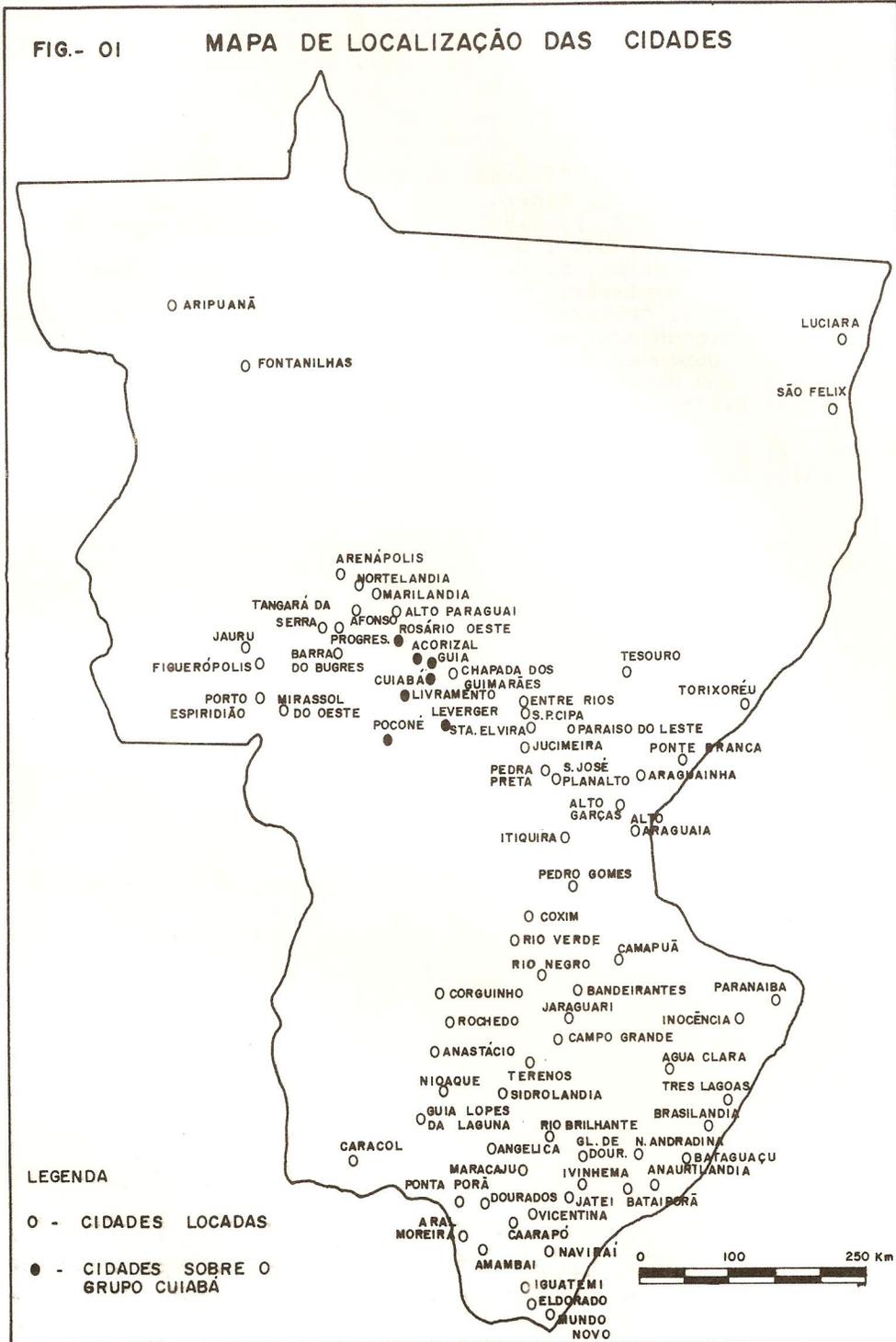
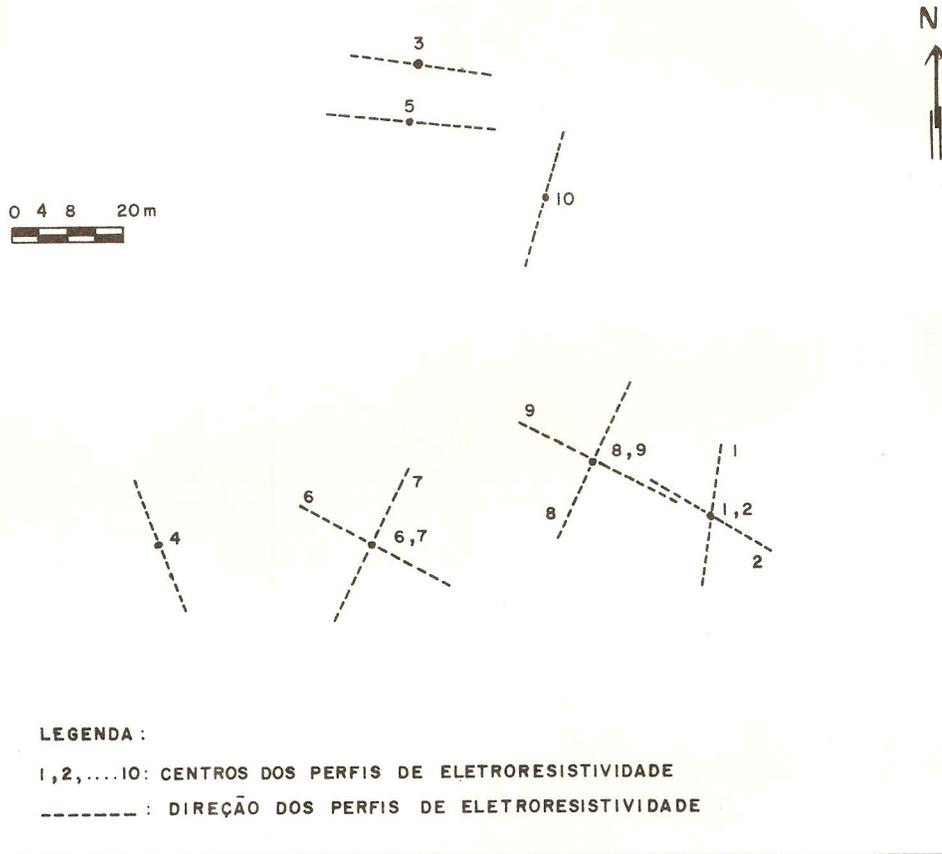


FIG - 02

MAPA DOS CENTROS E PERFIS  
DE ELETRORESISTIVIDADE  
( Campus FUFMT )



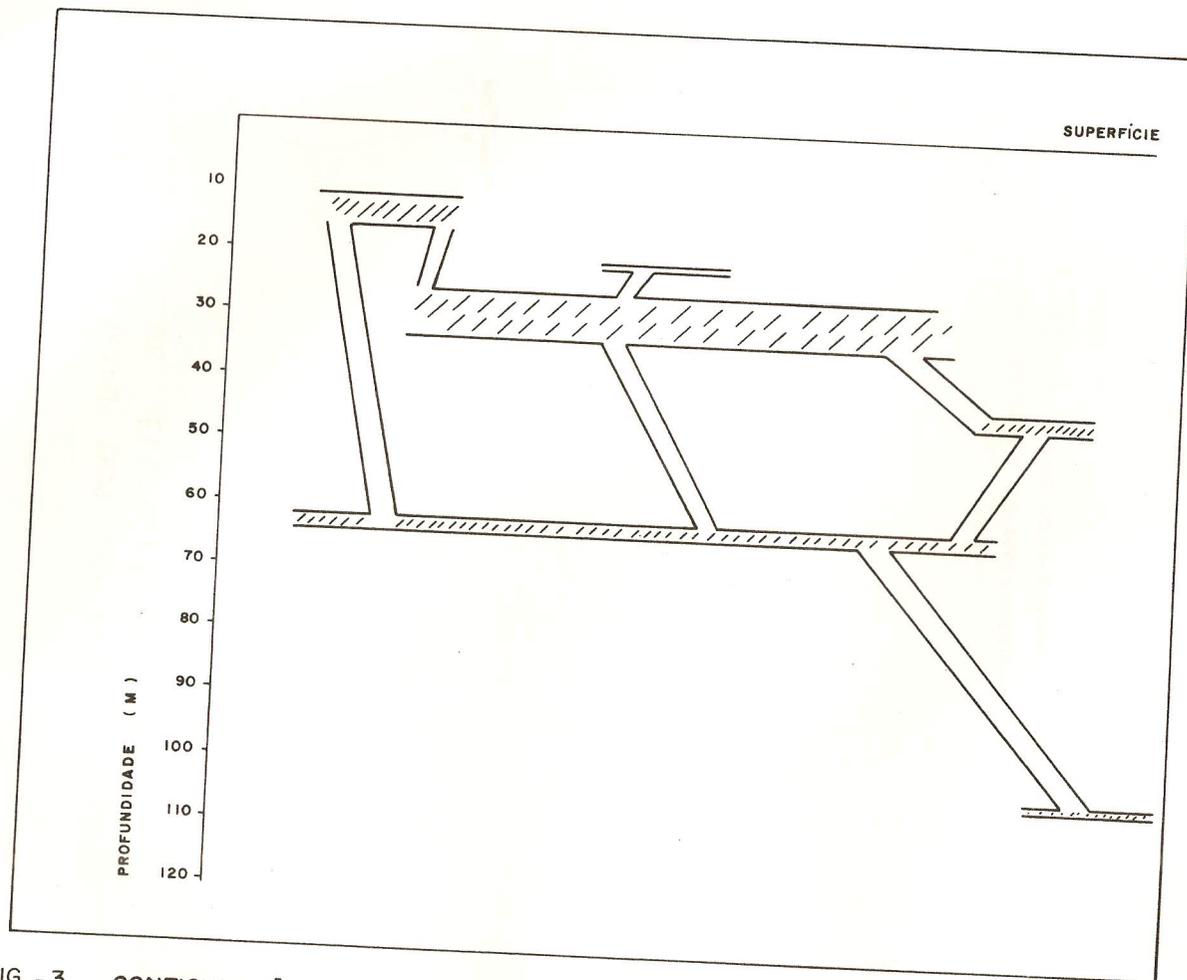
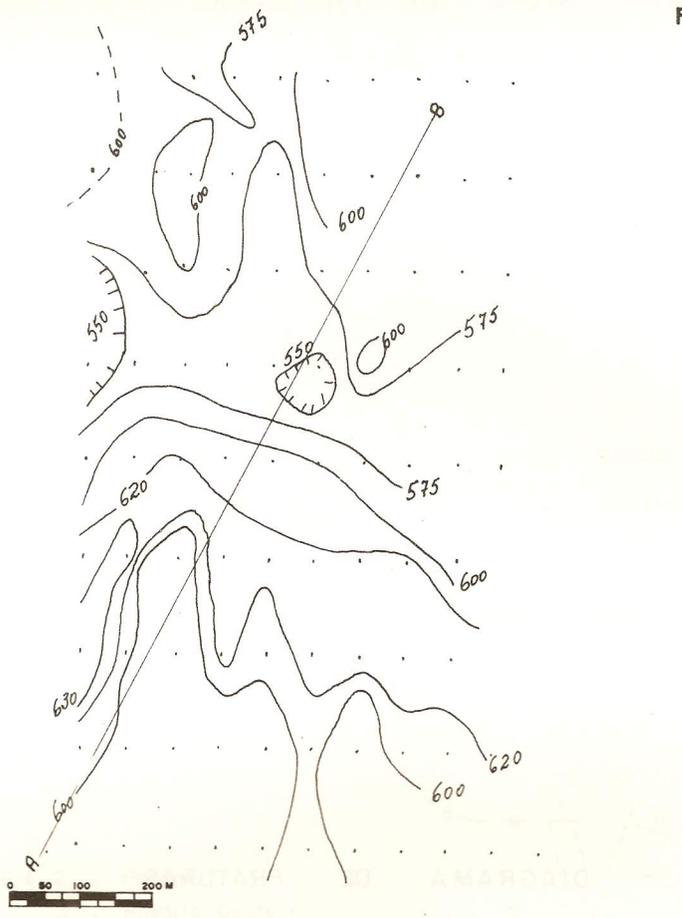


FIG. -3 - CONFIGURAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS  
ROCHAS DO GRUPO CUIABÁ

MAPA DE CURVAS ISOGAMAS

FIG. - 04



PERFIL MAGNÉTICO (A-B)

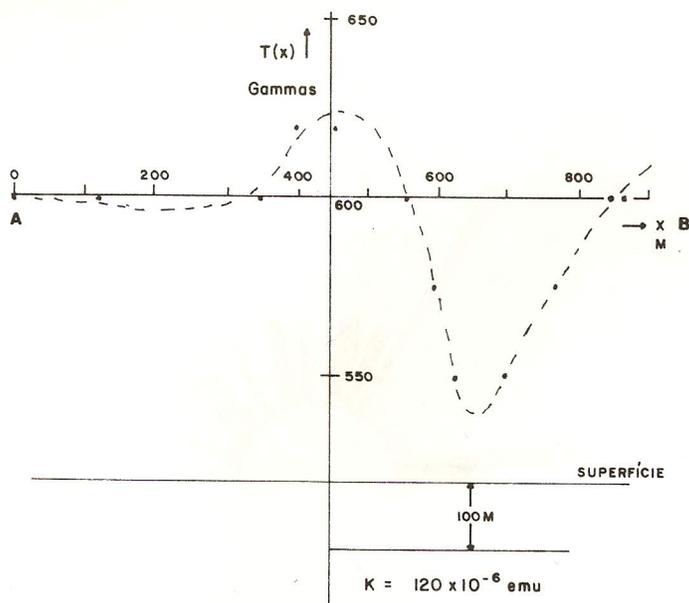


FIG. - 5a MAPA DE FRATURAS  
POCONÉ

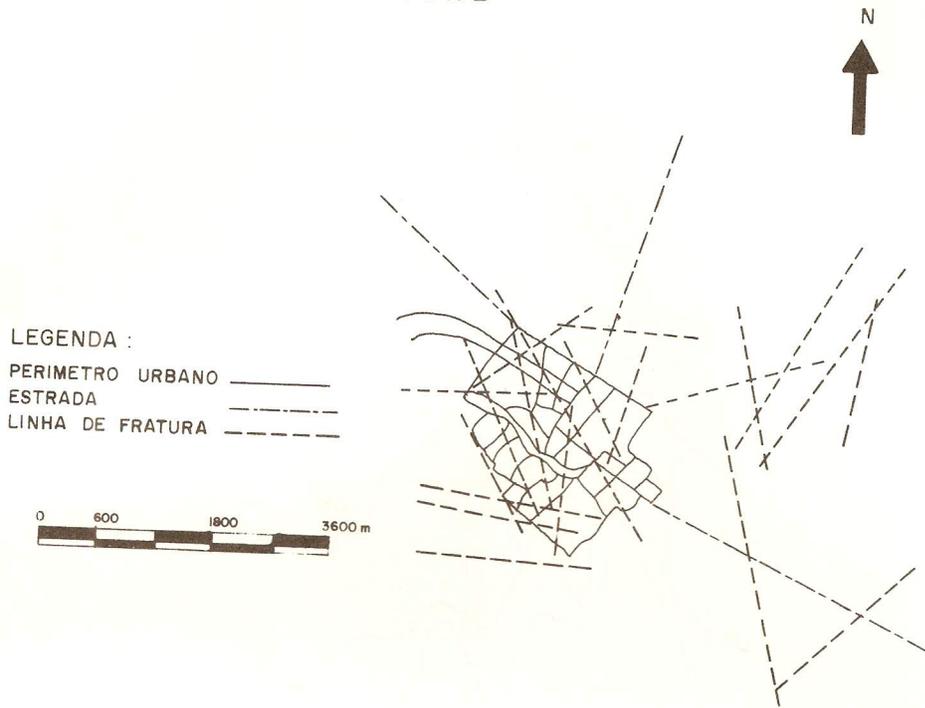
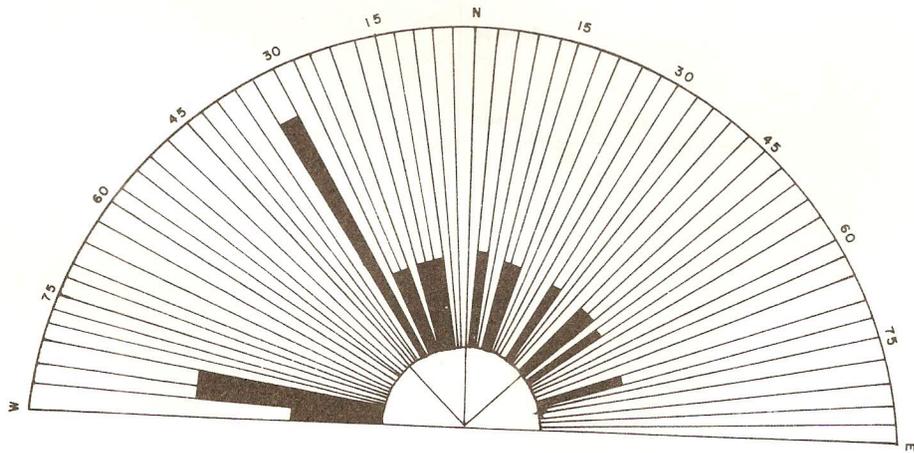
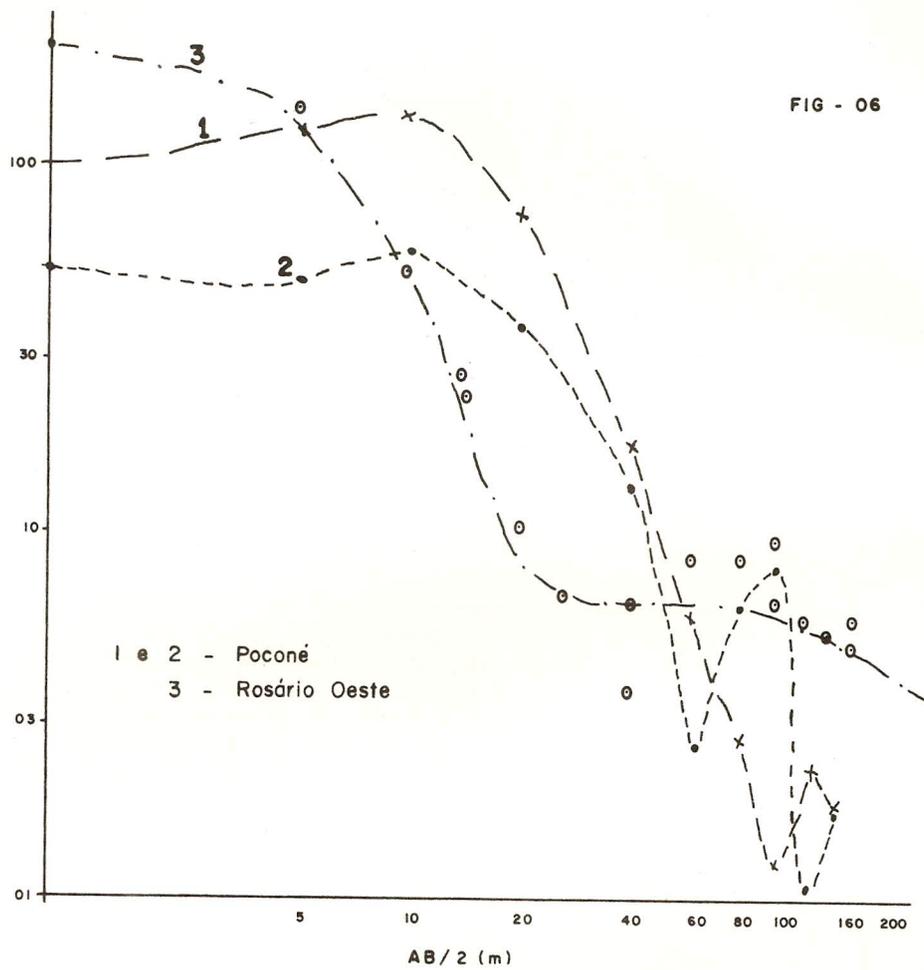


FIG. - 5b DIAGRAMA DE FRATURAS  
POCONÉ





PERFIS ELÉTRICOS CARACTERÍSTICOS DE  
FRATURAS PORTADORAS DE ÁGUA

ANEXO 1

QUADRO I

<u>PROFUNDIDADE (m)</u>	<u>DESCRIÇÃO LITOLÓGICA</u>
0 - 4	- solo argiloso, cor de rosa, com grãos de quartzito e laterita
4 - 15	- Idem, a variação de cor para amarelo ocre. Filito completamente alterado de cor marron
15 - 37	- Filito completamente alterado. Menos alterado nos níveis 21, 24 e 28 metros.
37 - 40	- Filito parcialmente alterado; Cor cinza em tercalações de filito marron mais alterado
40 - 43	- Quartzito parcialmente alterado; Cor amarelo. Intercalações de filito parcialmente alterado.
43 - 57	- Filito cor cinza claro. Pouco alterado. Intercalações milimétricas de quartzito.
57 - 112	- Filito cinza claro; cinza escuro; pirita em alguns níveis. Intercalações milimétricas de quartzito leitoso. Rocha mole 70-76 m Carbonatos 80-86 m Rocha dura 108-112m

QUADRO II

PERFIL	RESISTIVIDADE - Ohm-m				ESPESSURA DAS CAMADAS - m				$\lambda$
	$\rho_1$	$\rho_2$	$\rho_3$	$\rho_4$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	
1	62	160	3.2	-	35	10	$\infty$	-	1.07
2	240	156	48	$\infty$	3.8	3.8	38	$\infty$	1.15
3	3500	87.5	$\infty$	-	4	100	$\infty$	-	-
4	350	140	35	$\infty$	1.1	5.5	27.5	$\infty$	-
5	200	40	130	2000	2.0	10.0	50	$\infty$	-
6	810	40	$\infty$	-	1.2	30	$\infty$	-	1.29
7	420	21	$\infty$	-	0.9	21.3	$\infty$	-	1.30
8	320	32	$\infty$	-	1.0	25	$\infty$	-	1.14
9	170	17	$\infty$	-	1.5	14.5	$\infty$	-	1.29
10	105	21	263	$\infty$	1.6	1.6	40	$\infty$	-

$\lambda$  = Fator de Anisotropia