

POTENCIALIDADE HIDROGEOLOGICA DE BASALTOS DE MATO GROSSO E DE
MATO GROSSO DO SUL

POR

Nallutla Naveena Chandra

RESUMO-- Em função de dois convênios firmados entre a UFMT e a SANEMAT, no decorrer dos anos de 1978 e 1979, onde foram realizados trabalhos de campo de Geologia e Geofísica, para locação de poços tubulares profundos em oitenta e quatro cidades de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, é que realizamos este trabalho para divulgação dos dados coletados sobre os Basaltos de formações Tapirapuã e Serra Geral.

Devido sua baixa condutividade hidráulica, a procura de água nestas rochas fica restrita às zonas de fraturamento e falhamento e nas áreas onde a permeabilidade aumenta pela presença de vesículas e amigdalóides.

Como as áreas em estudo apresentam dificuldades variáveis do ponto de vista hidrogeológico, foi desenvolvida a técnicas de prospecção para detecção dessas fraturas portadoras de água.

Descrevemos neste trabalho as pesquisas geológicas e de eletroresistividade, empregando a configuração tipo SCHLUMBERGER, e interpretações efetuadas no campo através de comparação com curvas de padrão publicadas.

Estes trabalhos abrangem, basicamente, cidades de pequeno a médio porte, estratigraficamente definidas pelas formações Serra Geral, Tapirapuã, Bauru, Botucatu e uma cobertura Quaternária.

A localização de fraturas nessas rochas pode ser efetivamente executada através de método geofísico, especialmente de eletroresistividade, cujos dados podem ser coletados pelos aparelhos nacionais. O sucesso do método geofísico em delinear os lençóis de água, depende do modelo geológico e tectônico utilizado. Os custos das pesquisas geofísicas são baixos, considerando as despesas envolvidas em perfurações de poços, cuja probabilidade em produzir água é baixa quando localizados sem a utilização de métodos sofisticados como o geofísico, especialmente em rochas de baixa condutividade hidráulica, o que limita a ocorrência de água em zonas restritas, distribuídas arbitrariamente nas rochas basálticas.

INTRODUÇÃO

Em função de dois Convênios firmados entre a UFMT e SANEMAT, no decorrer dos anos de 1978 e 1979, onde foram realizados trabalhos de campo de Geologia e Geofísica, para locação de poços tubulares profundos em oitenta e quatro cidades de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, é que realizamos este trabalho para divulgação dos dados coletados sobre os Basaltos de formação Tapirapuã e Serra Geral.

O mapa anexo da figura 01, nos mostra a localização das cidades nas quais os trabalhos foram executados. As localidades com ocorrência de basaltos estão preenchidas com tinta preta. Os basaltos, uma vez que são rochas cristalinas de baixa condutividade hidráulica, são péssimos armazenadores de água subterrânea, exceto quando a rocha é

amigdaloidal e vesicular, ou quando o basalto é fraturado e falhado, o que resulta num aumento de sua permeabilidade, facilitando o armazenamento e o fluxo de água.

Assim, a procura de água nestas rochas fica restrita às zonas de fraturamento e falhamento e às áreas onde há permeabilidade aumentada pela presença de vesículas e amigdalóides.

Como as áreas em estudo apresentam dificuldades variáveis do ponto de vista hidrogeológico, foi desenvolvida a técnica de prospecção para detecção dessas fraturas portadoras de água. O método utilizado foi o de eletroresistividade, permitindo assim sondagens para a locação de poços, diminuindo os riscos de improdutividade dos mesmos.

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

A - Método Utilizado

O método de resistividade elétrica consiste essencialmente em medir a diferença de potencial (Delta V), entre dois "eletrodos de potencial" (M e N), quando uma corrente (I) passa através de dois "eletrodos de corrente" (A e B). Todos os quatro eletrodos são fixados na terra, em várias configurações.

Quando se estudam estratos horizontais, emprega-se o método conhecido como "sondagem vertical". Dois tipos de sondagens verticais são comumente utilizadas em aplicações de campo, ambos empregando uma configuração colinear (AMNB), sendo eletrodos de potencial colocados entre os eletrodos de corrente, estando todos os quatro sobre uma mesma linha. Na configuração tipo WENNER, o intervalo entre os eletrodos de potencial é 1/3 de AB, e os dois eletrodos MN são colocados equidistantes do ponto médio de AB, conhecido como centro de configuração (C), sendo todos movidos para um novo intervalo após cada medida de Delta V e I.

Na configuração tipo SCHLUMBERGER, A, M, N, e B, são também colineares, mas a distância MN é muito menor comparada com AB. Tem-se então que a profundidade de penetração é praticamente igual a AM, BN, AN ou BM, as quais são "consideradas" iguais por causa da condição de MN ser muito menor que AB. Esta condição é requerida para assegurar a uniformidade do campo elétrico entre M e N, à profundidades iguais a AM, BN, AN ou BM. Estas quantidades são iguais a AB/2; desta maneira, a profundidade de penetração é da ordem metade da distância AB. Neste método, M e N são fixos numa posição equidistante do centro da configuração, e A e B (eletrodos de corrente) são movidos em seguida a cada medida de Delta V e I. A principal vantagem tática deste método é o tempo que se economiza, por mover-se somente dois eletrodos em vez dos quatro, como no método WENNER. A vantagem geofísica é a profundidade de penetração comparada com a configuração tipo WENNER. Ambas as vantagens fazem a configuração SCHLUMBERGER mais conveniente e, portanto, este método tem sido aplicado nas locações executadas.

B - Equipamento

O eletro-resistivímetro utilizado na pesquisa, modelo ER-300m, é um instrumento fabricado pela MULTITRON do Brasil. Ele é capaz de fazer sondagens com correntes que podem penetrar até a profundidade de 300 metros, com precisão de +/-2%, com sensibilidade de voltagem de 100 Micro-Volts (corrente contínua), e resistência de 400 Mega Ohms por Volt. Pode-se utilizar a potência de saída de 80 W para maior

ores profundidades de penetração. Com a corrente contínua, aqui usada, é possível eliminar os inconvenientes da corrente alternada, como a penetração limitada e possíveis interferências. A fonte é uma bateria de 12 V, C.C., e por meio de um amplificador eletrônico, está vel e sensível, pode-se alcançar voltagens de saída até 500 V. Os circuitos são totalmente transistorizados com semicondutores de silício.

C - Interpretação

As informações de campo, tabuladas e locadas graficamente, são interpretadas pelo método de comparação com curvas padrão de comportamento na configuração SCHLUMBERGER, definidas matematicamente. (Gelana and Mooney, 1966).

Essa interpretação é feita com base na geologia local, para cada ponto de sondagem executado, integrando-se as informações de diversas sondagens em um quadro interpretativo da geologia e do potencial hidrogeológico da área pesquisada. Isto se constitui num processo fechado de realimentação de informações geológico/geofísicas.

GEOLOGIA REGIONAL

Na Bacia do Paraná, durante o Mesozóico, nos períodos Jurássico-Cretáceo, ocorrem erupções vulcânicas fissurais, expressa em vários derrames basálticos que cobriram o sul do país, parte da região Centro-Oeste - Sul do Brasil (Radam Brasil, 1982).

Os derrames basálticos da Bacia do Paraná, testemunhadas em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, são formados pelo Grupo São Bento (Muhlman et alii, 1974; Correia et alii, 1976), que se divide em pacotes distintos: Formação Botucatu e Bauru, arenitos de origem terrígena, e Formações Serra Geral e Tapirapuã (Correa e Couto, 1972), com basaltos de origem eruptiva.

A sinéclise do Paraná, cuja individualização ocorreu durante o Siluró-Devoniano e foi preenchida por sedimentos de característica marinha com intercalações de formações terrígenas, depositaram-se até o Mesozóico, sem que grandes fenômenos tectônicos tenham ocorrido durante todo o processo de sedimentação dessa bacia intra-cratônica (Fulfaro et alii, 1982).

Os basaltos da formação Serra Geral apresentam bandeamento típico de resfriamento de corrida de lavas, com o nível superior vesicular preenchido por cristais de calcita, formado ora amígdalas, ora drusas. À maior profundidade, o Basalto apresenta-se mais compacto, com disjunções colunares e planares, que são devidas ao resfriamento de lavas.

A Formação Serra Geral está mais exposta em vales de córregos, onde a erosão é atuante, sendo a ocorrência mais importante encontrada na região da Grande Dourados e Maracaju. Nesta região, ao contrário do que existe na maioria das outras localidades, não há registros da formação Bauru, tendo sido, possivelmente, erodida e resultando na exposição dos basaltos bem como em sua alteração característica "terra-roxa".

Considerando a explicação geológica, os basaltos formam uma "janela" nos arenitos da formação Bauru, variando a espessura dos basaltos entre 200 e 500m, sendo essa a maior espessura nessa latitude, ao longo do eixo do curso seguido pelo Rio Paraná.

Segundo Schneider et alii (1974), a maior espessura medida em sub-superfície na formação Serra Geral foi de 1529m, no poço 2 PE-1-

SP.

Quanto ao arenito Bauru, apresenta lirofacies areno-siltosa de cor avermelhada, de baixa diagênese, apresentando-se compactado à maior profundidade (Gonçalves e Schneider, 1970).

Constitui melhor opção em termos de potencial hidrogeológica visto que os basaltos apresentam condições pouco favoráveis de fraturamento, podendo encontrar-se água em níveis de até 90 metros (Angélica - MS).

Na região de Sidrolândia e Campo Grande não ocorrem registros da Formação Bauru, o que nos leva a aventar a hipótese, para essa unidade, de uma deposição seguida de erosão regional, a qual teria exposto os basaltos. Esta sequência basáltica sotopõe-se aos arenitos de origem eólica da Formação Botucatu, durante o período vulcânico, deu origem aos arenitos intertrapes, que se depositaram nos intervalos entre derrames basálticos.

As cidades de Afonso, Tangará da Terra, Progresso e Marilândia, situam-se sobre rochas basálticas Tapirapuã (de idade Jura-Cretáceo) por correlação com a formação Serra Geral na Bacia do Paraná.

Figueiredo et alii (1974) descreveram a Formação Tapirapuã como sendo formada por rochas de granulação muito fina, de cor cinza-chumbo, classificadas como basalto. Essa unidade cobre uma extensão de aproximadamente 115 Km, por 10 a 20 Km de largura (RadamBrasil - Fl. Cuiabá-SD-21, op cit.).

Fraturas de acomodação (além das juntas de contração do basalto), expresso por falhas, constitui, as feições tectônicas da região na qual o presente trabalho é feito.

Geologia Local das cidades

Visando a apresentação de uma descrição litológica suscinta das localidades estudadas, as cidades foram divididas da seguintes forma:

1. As cidades onde afloram os basaltos Tapirapuã são Tangará e Progresso.

2. As cidades em que aflora uma capa cascalheira sobreposta aos basaltos Tapirapuã são Afonso e Marilândia.

3. Cidades nas quais afloram os basaltos Serra Geral: Dourados, Maracaju, Sidrolândia, Aparecida do Taboado e Terenos.

4. Cidade onde o basalto Serra Geral ocorre junto com a formação Cachoeirinha: Campo Grande.

5. As cidades nas quais os basaltos são associados com a formação Bauru são: Amambai, Angélica, Caarapó, Gloria de Dourados, Ivinham, Água Clara, Ponta Porã e Aparecida do Taboado.

6. As cidades onde ocorrem os basaltos de menor espessura, a Formação Botucatu (intertrapeana) foi explorada para abastecimento das localidades.

Em todas as localidades, as amostras foram coletadas numa escala 1:2000, sendo as litologias identificadas com base nesta amostragem, cuja descrições são fornecidas abaixo.

1. Tangará da Serra -- A cidade situa-se sobre rochas basálticas dos derrames da formação Tapirapuã, consideradas cretáceas.

A presença de solo vermelho, característico da alteração do basalto, é o aspecto predominante na área, correndo porções restritos cenozóicos.

Boas áreas de afloramento ocorrem ao longo das margens dos córregos, sobretudo no Córrego Buriti e suas Corredeiras, onde aflora o basalto intensamente diaclasado, apresentando fraturas com direção preferencial N 60 W e mergulho 70 W aparecendo secundariamente nas

direções N 65 E e N 15 W, sub-verticais.

Ocorrem níveis de basalto amigdaloidal, evidenciando o topo de um derrame no local da cidade.

Devido ao espesso solo que as recobre, como produto de alteração dessas rochas, não foram identificados feições denunciadoras de falhamento de grande porte.

2. Progresso-- A cidade situa-se sobre rochas basálticas Formação Tapirapuã.

Presença de solos vermelho-escuros, característicos da alteração basáltica (é aspecto marcante), ocorrendo nas cercanias dos pequenos cursos d'água que drenam a região, exposições restritas de aluviões Cenozóicos inconsolidados.

Topografia plana com vales muito abertos, dificultando a observação de afloramentos de basaltos frescos.

Um pequeno capeamento de areia muito fina e de granulometria uniforme acha-se recobrindo certas áreas da cidade, tendo esse capeamento uma espessura máxima de 1 m.

Devido às condições de cobertura de solos e topografia muito plana, não foram identificadas feições denunciadoras de falhamento de grande porte.

A espessura para o basalto Tapirapuã na região de Progresso é de 300 m, sobreposto discordantemente aos folhelhos da Formação Diamantino (Fig. 2).

3. Afonso-- Situada sobre terrenos basálticos da Formação Tapirapuã, de idade Juro-Cretácica, por correlação com a formação Serra Geral na Bacia do Paraná.

Topografia plana; interflúvios muito amplos com vales em V e de pequenas profundidades, tornam difícil a localização, em fotografias aéreas, de feições estruturas possíveis de armazenamento de água nos derrames.

Na saída para Marilândia, margem esquerda do Rio Areia, desenvolvem-se as coberturas terciárias relacionadas à Formação Morro Vermelho, constituída por conglomerados com seixos de quartzo, terrenos estes onde se desenvolvem as atividades de garimpo, com exploração de diamante.

Crosta detrito-laterítica recobre grandes áreas de afloramento de basalto, caracterizando-se por seixos arredondados de naturezas diversas em matriz arenosa, intensamente cimentados por FeOH (hidróxido de ferro).

4. Marilândia-- A cidade acha-se erigida sobre uma delgada cobertura de sedimentos terciários correlacionados à Formação Morro Vermelho.

Esta unidade é constituída por depósitos arenosos e cascalhos com litificação incipiente, possuindo, na região, uma espessura variável de aproximadamente 50m, recobrindo em discordância erosiva os basaltos Tapirapuã.

Os sedimentos arenosos se caracterizam pela granulometria fina a média, sendo bem arredondados: feições sugestivas de sedimentos reciclados, retomados pela erosão de áreas de forte sedimentação.

Os bancos de cascalho apresentam espessuras médias em torno de 1m, sendo constituídos por seixos de arenito friáveis da Formação Raizama e seixos menores, bem arredondados, de diversos tipos de rochas silicosas (veios de quartzos, quartzitos, etc).

A topografia é levemente ondulada, com diferença de cotas de 30 metros, e o topo das elevações constituindo pequenas chapadas, resul

tado da dissecação dos terraços constituídos pelos sedimentos terciários.

5. Dourados-- O basalto e sua alteração, "Terra-Roxa", aflora em toda a área da cidade de Dourados, constituindo uma mancha de solos ricos, cuja explicação geológica está na existência de uma "janela" nos arenitos da Formação Bauru, unidade aflorante predominante na região, que mediante processo provavelmente erosivo, permitiu a exposição de basalto sotoposto.

Espessura do basalto de aproximadamente 300 a 500 metros.

Poço na região de arenito compacto a 140 metros de profundidade provavelmente intertrapeano.

A execução de poços a maiores profundidades, com informações mais completas sobre o aquífero é recomendável.

6. Maracaju-- Afloram na cidade de Maracaju os basaltos da Formação Serra Geral, desenvolvendo solo rico e profundo, proveniente de sua alteração no ambiente tropical úmido, constituindo paisagens muito semelhantes às do Norte Paranaense.

Os afloramentos de rochas frescas da Formação Serra Geral aparecem nos vales profundos, escavados pela erosão fluvial.

A cobertura do arenito Bauru, constante em toda região, está ausente nessa área, provavelmente devido a processo erosivo.

Os derrames basálticos, da Formação Serra Geral, constituída por número variável de derrames toleíticos, com espessura maior, nessa latitude, ao longo do eixo do curso seguido pelo Rio Paraná.

Neste perfil litológico prevê-se espessura de 200 metros.

Possuem fraturamentos que tem importância fundamental nas possibilidades hidrogeológicas dessa unidade, com direções preferenciais N 10 E e N 65 W, e sub-verticais.

7. Sidrolândia-- Localizada na região planáltica (limitada a Oeste pela escarpa da Serra Maracaju), onde o basalto da Formação Serra Geral pode ser observado detalhadamente, assim como as intercalações de lentes de arenito intertrapeano da Formação Botucatu, que são duas unidades de coluna estratigráfica da Bacia do Paraná, presentes na área.

O basalto Serra Geral está representado por espessos derrames onde predominam rochas de textura fanítica, cor cinza-escuro, fraturamento colunar e horizontal, com níveis de basalto amigdalóide muito poroso, com cavidades preenchidas por calcita e cristais de quartzo.

Arenito Botucatu ocorre intercalado entre os derrames, constituídos por rochas de granulação média a fina, cor rosa, boa classificação granulométrica, composto quase que exclusivamente por grãos de quartzo arredondados, com estratificação cruzada de baixo ângulo.

A cidade é banhada pelo córrego São Bento e inúmeros outros ribeirões que afluem para o Rio Brilhante, no município vizinho.

8. Aparecida do Tabuado-- Está representada por duas unidades mesozóica da bacia sedimentar do Paraná: Formação Serra Geral e Bauru, e pelos depósitos sedimentares inconsolidados recentes da planície de inundação do Rio Paraná.

A Formação Serra Geral aparece com os costumeiros derrames basálticos sucessivos, cores escuras, microcristalinos, com intensas disjunções originadas pelo processo de contração durante o resfriamento.

A presença de espessos níveis amigdaloidais confere aspectos re-

lativamente incomuns aos derrames basálticos desse local, evidenciando a ocorrência de uma fase gasosa inusitadamente forte,acompanhando a marra ou marca de lavas derramadas.

Frequente a presença de juntas de resfriamento de pequena amplitude.

Desagregação e alteração do basalto, iniciando nos planos de juntas, é mais intenso na rocha porosa dos níveis vacuolares, o que produz uma rocha de cor avermelhada, e denuncia as zonas de afloramento da Formação Serra Geral.

O basalto aflora nos vales dos córregos e rios menores, como o Quitéria, uma vez que é notado no leito e junto ao vale dos grandes rios que compoem a Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.

A formação Bauru está representada pelo litofóeis arenossiltoso, de cor vermelho-amarelado, baixa diagênese, que recobre as camadas basálticas com um manto de aproximadamente 50 metros.

A desagregação desses arenitos altamente friáveis produz um solo arenoso, facilmente transportável pelas águas superficiais, o que homogeniza a topografia em uma padrão uniforme e suave, apagando as eventuais evidências de estruturas e outras características geológicas existentes em profundidades.

As características tectônicas, sobretudo falhas, que são as feições mais importantes e possíveis nessas condições geológicas, não são distinguíveis à superfície, dificultando a definição de locais potencialmente promissores por métodos de geologia de superfície.

Os depósitos recentes, cuja importância é bastante destacada na área, relacionados com a ação erosiva e deposicional do Rio Paraná, e seus formadores e afluentes, gerando depósitos inconsolidados de sedimentos finos acompanhando o rio.

9. Terenos-- Terenos apresenta uma região de afloramento da Formação Serra Geral, constituída por derrames de lavas basálticas. A própria zona urbana está recoberta por solo areno-argiloso, que poderia decorrer da presença de uma fina capa residual, produto de alteração da Formação Bauru, que não apresenta floramento na cidade.

A área de ocorrência do basalto é reconhecida pelo seu latossolo característico, "terra-roxa", sendo que a própria rocha aflora nos vales mais fundos dos córregos da região.

Destaca-se o afloramento existente na rodovia Campo Grande Aquidauana, Km 5, do trevo de Terenos, onde ocorre um basalto parcialmente intemperizado, com coloração verde e de intenso diaclasamento com altitudes principais N 40 E e N 80 W, sub-verticais, e N30 E-35 S.

Notável nesse afloramento é a presença de um nível amigdaloidal destacado, com os vacúolos preenchidos por mineral do grupo das zeólitas.

10. Campo Grande-- Encontra-se situada no topo da sequência do Grupo São Bento, constituindo os basaltos da Formação Serra Geral que recobrem grande parte da região sul de Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, apresentando como sua mancha de afloramento mais importante, aquela da região da Grande Dourados.

Na área urbana, notáveis solos vermelho-escuros (terra-roxa), características das rochas basálticas, sendo encontrado em estado inalterado em poucos locais da superfície.

A espessura da Formação Serra Geral é de 400 metros, sendo que abaixo ocorre a Formação Botucatu, (arenito eólico), apresentando-se apenas razoável no que diz respeito a aquífero.

Nos limites ao norte da cidade, afloram arenitos friáveis siltecos e argilosos, de cor vermelha-escuro, espessura da ordem de 40 m (recobrando a Formação Serra Geral). Trata-se da Formação Barreirinha, terciária, exposição restrita, atuando como um manto de fácil desagregação a mascarar informações estruturais referentes ao basalto sotoposto, que de outra forma poderiam refletir-se em superfícies e dar ótimas informações para finalidade hidrogeológicas.

11. Amambai-- Afloram na região arenitos da Formação Bauru (Ki), constituindo os altos topográficos sobre os quais se erige a cidade. Os arenitos apresentam coloração clara, granulometria média, muito friáveis, recobrando com fina capa os basaltos da Formação Serra Geral, originando solo de alteração arenosa, constituindo a característica dos interflúvios de topografia suavemente ondulada.

Nos vales dos rios e córregos da região, afloram basaltos da Formação Serra Geral, do Grupo São Bento (J), sendo a melhor exposição encontrada na pedreira da usina hidrelétrica em construção, e os basaltos apresentam: cor preta-esverdeada, granulação fina e aspecto homogêneo, intensamente diaclasado, constituindo o sistema de juntas colunares (típicos dos derrames dessa formação).

12. Angélica-- Localmente, a coluna estratigráfica da Bacia do Paraná está representada por uma fina capa da Formação Bauru, (80m), sobrepostos aos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

O arenito Bauru, muito alterado e desagregado, desenvolve solo areno-siltoso, cor avermelhada, que recobre e esmaece informações geológicas que se poderiam obter em superfície.

O basalto da Formação Serra Geral apresenta o bandeamento típico de resfriamento de corridas de lava, com nível superior vesicular preenchido por cristais de calcita, formado ora amígdalas, ora drusas. Àqueles se seguem, em profundidade, níveis mais espessos de basalto compacto com juntas colunares e planares, devido ao processo de resfriamento.

A Formação Serra Geral está exposta em vales de pequenos córregos, onde a erosão remove a cobertura de solo da desagregação do arenito Bauru. O basalto apresenta-se levemente fraturado, sendo o produto de sua alteração encontrado como uma camada de paleosolo argiloso sotoposto à base do Bauru em um nível pouco permeável, a dificultar a percolação das águas infiltradas no Bauru, devendo a água ser encontrada em níveis de 90 até 100 m.

13. Caarapó-- Localmente, a coluna estratigráfica da Bacia do Paraná está representada por uma fina capa de arenito da Formação Bauru, com espessura aproximada de 20 metros, sobrepostos aos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

O arenito da Formação Bauru encontra-se muito alterado, cuja desagregação dessas rochas de litificação original pouco desenvolvida, origina solo areno-siltoso de cor avermelhada, impedindo que as informações geológicas sejam coletáveis em superfície.

O basalto da Formação Serra Geral apresenta bandeamento com nível vesicular preenchido por cristais de calcita, formado amígdalas, e drusas, ao que se seguem, em profundidade, níveis mais espessos de basalto com juntas colunares e planares devido ao processo de resfriamento.

14. Glória de Dourados e Ivinhema-- Localmente, a coluna estratigráfica da Bacia do Paraná está representada por uma fina capa de

arenito da Formação Bauru, com espessura medindo entre 80 e 120m, sobreposta aos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

Os basaltos da Formação Serra Geral apresentam o bandejamento típico de resfriamento de corrida de lavas, com um nível superior vertical, geralmente apresentando preecnhimento e drusas, que se seguem, em profundidade, níveis mais espessos de basalto compacto com juntas colunares e planares devidas ao processo de resfriamento.

Os arenitos da Formação Bauru parecem constituir a melhor opção em termos de potencialidade hidrogeológica na área da cidade, uma vez que os basaltos apresentam condições de fraturamento pouco favorável, constituindo-se o produto de sua alteração, encontrado com uma camada de paleossolo argiloso e sotoposto à base do Bauru, e um nível pouco permeável a dificultar a percolação das águas infiltradas no Bauru. Portanto, a melhor opção como aquífero são os arenitos superficiais da Formação Bauru, devendo ser encontrada água em níveis de até 90 m.

15. Água Clara-- Situada à margem do Rio Verde (afluente da Bacia do Paraná), na cidade de Água Clara afloram as efusivas basálticas da Formação Serra Geral, capeados por uma cobertura de algumas dezenas de metros de sedimentos areno-argilosos da Formação Bauru.

Sobre esta cobertura arenosa se desenvolve um espesso manto de desagregação, que dificulta a escavação de poços domésticos.

Nas margens do Rio Verde afloram lavas basálticas altamente afetadas por atividade gasosa pós-magmática, produzindo uma rocha extremamente porosa e leve. A topografia é formada por sucessão de pequenos patamares.

16. Ponta Porã-- A geologia da cidade apresenta como característica mais importante a presença uniforme da formação Bauru, recobrida com um manto de pequena espessura os derrames basálticos da Formação Serra Geral, originando um solo de alteração areno-siltoso de cor avermelhada, com topografia plana e homogênea, com interflúvios formando colinas baixas, suaves, e vales do perfil em V, muito aberto.

A espessura da formação Bauru varia entre 20 a 40 m, ocorrendo intercalação de níveis argilosos, embora a litologia predominante que aflora seja de fácies arenosos, os afloramentos do Bauru são escassos e pouco característicos, aparecendo como sequências pouco distinguíveis dos solos da região.

As eventuais fraturas que devem existir, e que recortariam o basalto e o próprio Bauru, não apresentam expressão topográfica distinta, devido ao efeito exercido pelo solo de alteração do arenito, que homogeniza a superfície, como já se tem notado.

GEOFÍSICA

O método de eletroresistividade foi usado com grande sucesso em locação de poços tubulares profundos, em rochas de baixa condutividade hidráulica, pertencentes ao Grupo Cuiabá (Chandra e Albrecht, 1982). Devido à grande semelhança entre as rochas citadas neste trabalho e dos derrames basálticos, no aspecto de sua baixa condutividade de hidráulica, justifica-se a aplicação do mesmo método em basaltos.

FÍSICO	LITOLÓGICO	ESTRATIGRÁFICO
1) meio espaço	1) basalto maciço	1) basalto maciço com ou sem fraturamento
2) meio espaço com uma camada sobreposta.	2) basaltos sobrepostos com uma camada de solo.	2) a-uma camada de zona intemperizada em cima do basalto b-Formação Cachoeirinha, Bauru ou Botucatu, em cima do basalto (em último caso é intertrapeano).

Uma outra situação envolvendo o meio espaço com várias camadas espessas, não é muito conveniente para se considerar, devido às limitações de profundidade imposta em perfurações dos poços para abastecimento de comunidades de pequeno e médio porte, principalmente para uso doméstico e industrial.

A profundidade estipulada e realizada para perfuração foi de 150 metros, tendo ocorrido somente em basaltos, justificando assim, as situações acima explicadas. No caso das zonas intemperizadas, sendo compostas de uma camada superficial de basalto completamente alterado, possibilita a ocorrência, no máximo, de duas camadas sobre o basalto compacto. Para um número de camadas maiores do que isto, não há necessidade por causa da não ocorrência desse fenômeno na natureza.

A situação envolvendo somente meio espaço, foi encontrada em vários municípios como: Afonso, Progresso, e Tangará da Serra, em basaltos tipo Tapirapuã, e em Aparecida do Tabuado, Dourados e outros municípios, em basaltos do tipo Serra Geral (ver quadro 1). Devido à presença de basaltos maciços nestas localidades, a procura de águas subterrâneas está restrita às zonas de fraturamento, níveis de grande ocorrência de basalto vesicular ou amigdaloidal, cuja caracterização é manifestada por zonas de baixa resistividade em superfície nas várias profundidades.

Os contrastes em eletroresistividade, nas profundidades, são excelentes guias para detecção destas zonas. O problema então, seria correlacionar as resistividades medidas na superfície de vários perfis de maneira mais simplista. A separação do eletrodo de corrente e do eletrodo de tensão, pode ser relacionadas com a profundidade atingida pela passagem da corrente elétrica, sendo a configuração de eletrodo do tipo Schlumberger, lembrando que estamos tratando somente meio espaço.

Correlacionando as resistividade medidas nos vários perfis para as mesmas separações de eletrodos, facilitar-se-á com a construção de cortes geoeletricos, os quais serão utilizados na elaboração de modelos sub-superficiais das zonas condutoras. Assim sendo, estas zonas devem ser relacionadas com as zonas de ocorrência de água.

Essa técnica foi usada especialmente no quartel da cidade de Dourados (figs. 3, 4, 5 e 6).

Na figura 3 é mostrado o mapa de localização dos perfis geofísicos. As figuras 4, 5 e 6, mostram as curvas de eletroresistividade obtidas no campo.

A figura 7 demonstra a correlação entre geoeletricos elaborados nos perfis 5, 6, 7 e 8. Na figura de localização, também são indicados no local, dois poços secos já existentes antes da realização do presente trabalho.

Pelos estudos geofísicos foram indicadas quatro camadas, cuja identificação é a seguinte:

1ª camada: solo argiloso com resistividade menor nos perfis 5 e 6, e maior nos perfis 7, 8 e 9.

2ª camada: de alta resistividade correspondendo a uma camada de basalto alterado sem fraturas.

3ª camada: em todos os perfis com resistividade muito baixa, correspondendo a basalto fraturado, pouco alterado.

4ª camada: basalto compacto, ocorrendo no nível médio de 47 metros.

Exceção para esta interpretação foi encontrada no perfil 9, que mostra uma camada de resistividade muito baixa a uma profundidade superior a 250 m.

A interpretação integrada geofísica-geológica encontra-se esquematizada na figura 7, sugerindo o ponto 5 como a melhor opção para perfuração, prevendo-se encontrar água neste ponto em profundidade entre 85 a 125 metros.

Infelizmente os dados de eletroresistividade não indicam a ocorrência de água no perfil 6 a maiores profundidades.

Nosso objetivo foi indicar um local onde seja perfurado um poço de vazão adequada para o quartel. Uma análise rigorosa demonstra a existência de uma zona condutora no perfil 5. Com base nestas informações obtidas nos trabalhos de campo, e integrando com as curvas interpretadas no laboratório, foi indicado o ponto 5 como a primeira opção.

O poço perfurado neste local deu vazão de 12.000 litros/hora, lembrando-se que este foi localizado entre dois poços secos. O método de eletroresistividade é considerado muito efetivo na locação de lençóis freáticos.

Na área da Vila Cophamodelo, foram feitos alguns perfis de eletroresistividade, visando determinar a estrutura geológica em termos de acamamento. A interpretação destes dados, sugere um modelo de 4 camadas, sendo a quarta camada um bom condutor. Não foi encontrado basalto compacto neste local.

Aproveitando o fato das diferenças de altitude, neste local, os perfis geofísicos foram executados também em diferentes cotas. O aspecto mais interessante constitui a atitude da segunda camada, mergulhando abruptamente no sentido da região de mais alta topografia. Esta camada foi identificada como basalto vesicular, cuja ocorrência é constatada na região da cidade de Dourados, às vezes aflorando nos níveis baixos.

Esta interpretação é reforçada pelos valores de resistividade, sendo menores, provavelmente em função das águas armazenadas nas vesículas. Devido à ocorrência de uma camada superficial no ponto de mais alta cota (perfil 1), esta camada aí aparece como terceira camada. A camada subjacente com maior condutividade apresenta-se mergulhando em direção contrária, isto é, no sentido da região de menor altitude.

Supondo que a área de mais alta cota esteja funcionando como zona de recarga, tendo o fluxo de água uma configuração radial, maiores probabilidades existem de se encontrar quantidades expressivas de água na zona da baixada.

No conjunto habitacional Cophamodelo, vide figura 8, foi necessário localizar vários poços com vazão total de 90.000 litros/hora. Em vista da ocorrência de um poço nesta área, dando vazão de 12.000 litros/hora, não se necessitavam mais que 7 (sete) poços para alcançar a vazão adequada.

Foram indicadas quatro opções para perfuração no Cophamodelo (vide figura 8).

O poço perfurado na baixada, deu vazão de 250.000 litros /hora, eliminando a necessidade de furar 7 poços como foi previsto anteriormente, economizando os custos em torno de 80%.

CONCLUSÃO

Os estudos geológicos e geofísicos executados nos basaltos de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul permitem as seguintes conclusões:

1 - Quando as rochas basálticas estão fraturadas, possuindo as sim porosidade secundária, fornecem excelente quantidade de água para o abastecimento de centros populacionais.

2 - Quando as rochas possui porosidade primária, através de vesículas e amígdalas, torna-se uma excelente armazenadora de água subterrânea.

3 - A localização de fraturas nestas rochas pode ser feita através de métodos geofísicos, especialmente de eletroresistividade. A sensibilidade do método em delinear as zonas de fraturamento é muito alta e a pesquisa para a prospecção de água subterrânea nestas rochas será incompleta sem o uso da geofísica.

4 - O sucesso do método geofísico em detectar os lençóis de água em sub-superfície depende do modelo geológico e tectônico a ser utilizado.

5 - A interpretação de dados de eletroresistividade é bastante simplificada através do uso das curvas teóricas elaboradas para as duas configurações, de Schlumberger e de Wenner, as quais estão publicadas em literaturas especializadas.

6 - Os custos das pesquisas geofísicas são baixos, considerando as despesas envolvidas em perfurações de poços, cuja probabilidade de produzir água é baixa, quando localizados sem a utilização de métodos sofisticados como o geofísico, especialmente em rochas de baíxa condutividade hidráulica, o que limita a ocorrência de água em zonas restritas, distribuídas arbitrariamente nas rochas basálticas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Administração da Universidade Federal de Mato Grosso, a qual estendeu apoio irrestrito na fase de execução do trabalho, através do Departamento de Geologia, à SANEMAT pelo apoio, através de convênio empresa-universitária; Geólogo Gerson Souza Saes, cuja participação inconfundível, tanto no trabalho de campo quanto no laboratório, foi responsável pela preparação da parte geológica do trabalho a vários alunos do curso de Geologia, os quais participaram na coleta de dados de eletroresistividade e na definição de perfis litológicos de vários poços; e, por fim, nossos agradecimentos a vários funcionários do Departamento de Geologia, os quais auxiliaram na etapa de trabalho de campo.

BIBLIOGRAFIA

- CHANDRA, N. N. e ALBRECHT, K. J. - Potencialidades Hidrogeológicas do Grupo Cuiabá, Revista Universitária, UFMT, ano II, nº 3 e 4, Ago/Dez, 1982, Cuiabá.
- CORREA, J. A. e COUTO, E. A. - Projeto Aluviões Diamantíferos de Mato Grosso: Relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1982, 2 V., (Relatório Arquivo Técnico da DGM, 1940).
- CORREA, J. A. et alii - Projeto Bodoquena: Relatório final, Goiânia, DNPM/CPRM, 1976, (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2573), V. 1.
- FIGUEIREDO, A. J. de A. et alii - Projeto Alto Guaporé: Relatório final. Goiânia, DNPM/CPRM, 1974. 11 V. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2323).
- FULFARO, V. J., A. R. Saad, M. V. Santos e R. B. Vienna - Compartimentação e Evolução Tectônica da Bacia do Paraná - Revista Brasileira de Geociências, V. 12, nº 4, dezembro, 1982, pg. 590 - 610.
- GIAMAPA, C. E. Q. e SOUZA, J. C. de - Potencial Aquífero dos Basaltos da Formação Serra Geral no Estado de São Paulo, SABESP, Revista DAE, ano XIII, nº 131, dez. 1982.
- GONÇALVES, A. e SCHNEIDER, R. L. - Geologia de Semi-detalhe da Região de Sangradouro, Batovi-Tesouro e Guiratinga, Mato Grosso - Ponta Grossa. Petrobrás - Desul, 1968, 35 p. (Relatório Técnico Interno, 370).
- MULHMAN, H. et alii - Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná, Ponta Grossa. Petrobrás - Desul, 1974, 186 p. (Relatório Técnico Interno, 444).
- ORELLANA, E. and MOONEY, M. M. - Mast Tables and Curves for Vertical Electrical Sounding over Layered Structures. Interciência, 1966, Madrid, Espanha.
- PROJETO RADAMBRASIL - Levantamento de Recursos Naturais, folha SD - 21, Cuiabá, Vol. 26, 1982, Rio de Janeiro.
- SCHNEIDER, R. L. et alii - Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná, Congresso Brasileiro de Geologia (XXVIII), Porto Alegre, Anais, Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v. 1, p. 41 - 65.



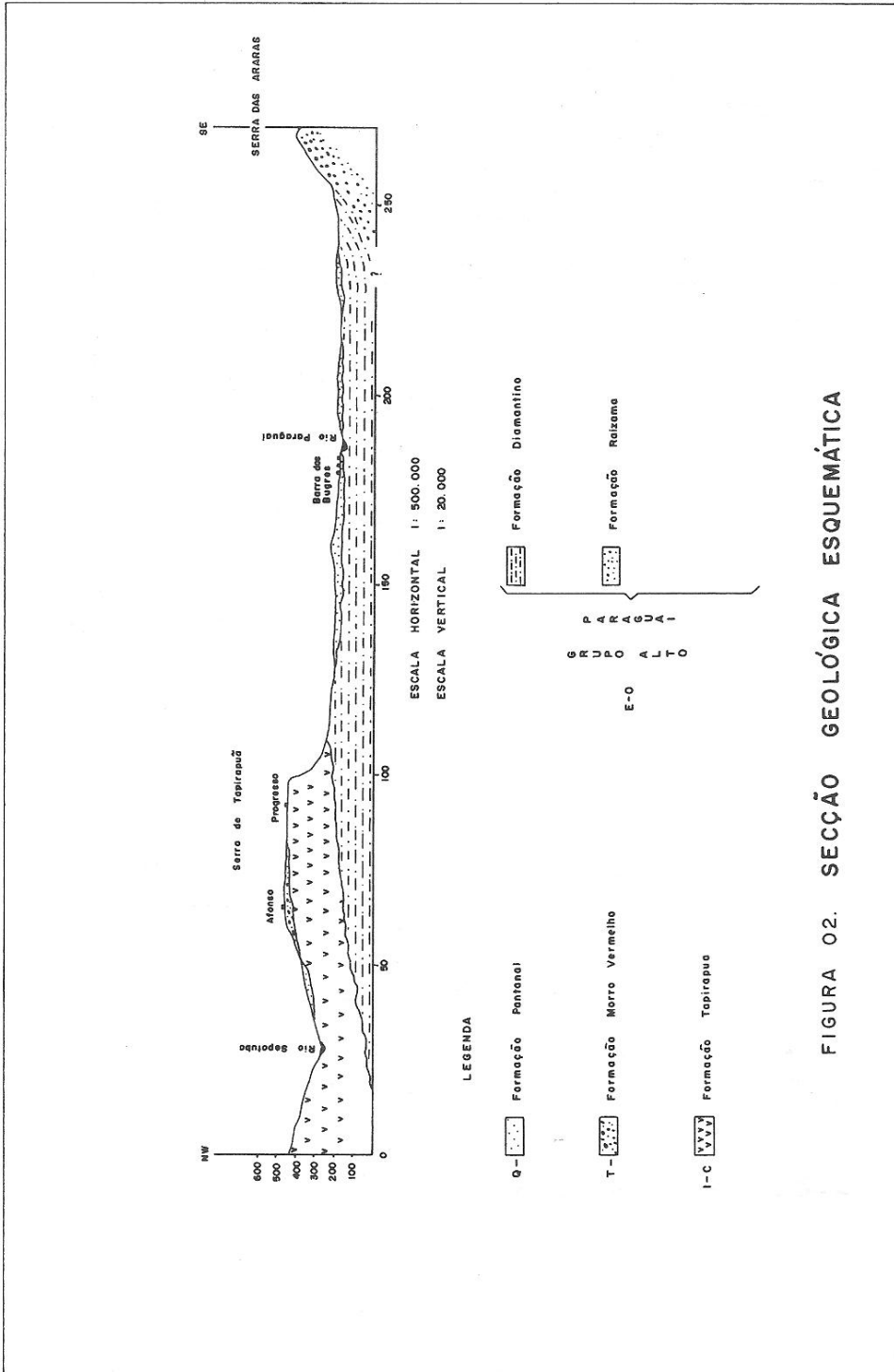


FIGURA 02. SECÇÃO GEOLÓGICA ESQUEMÁTICA

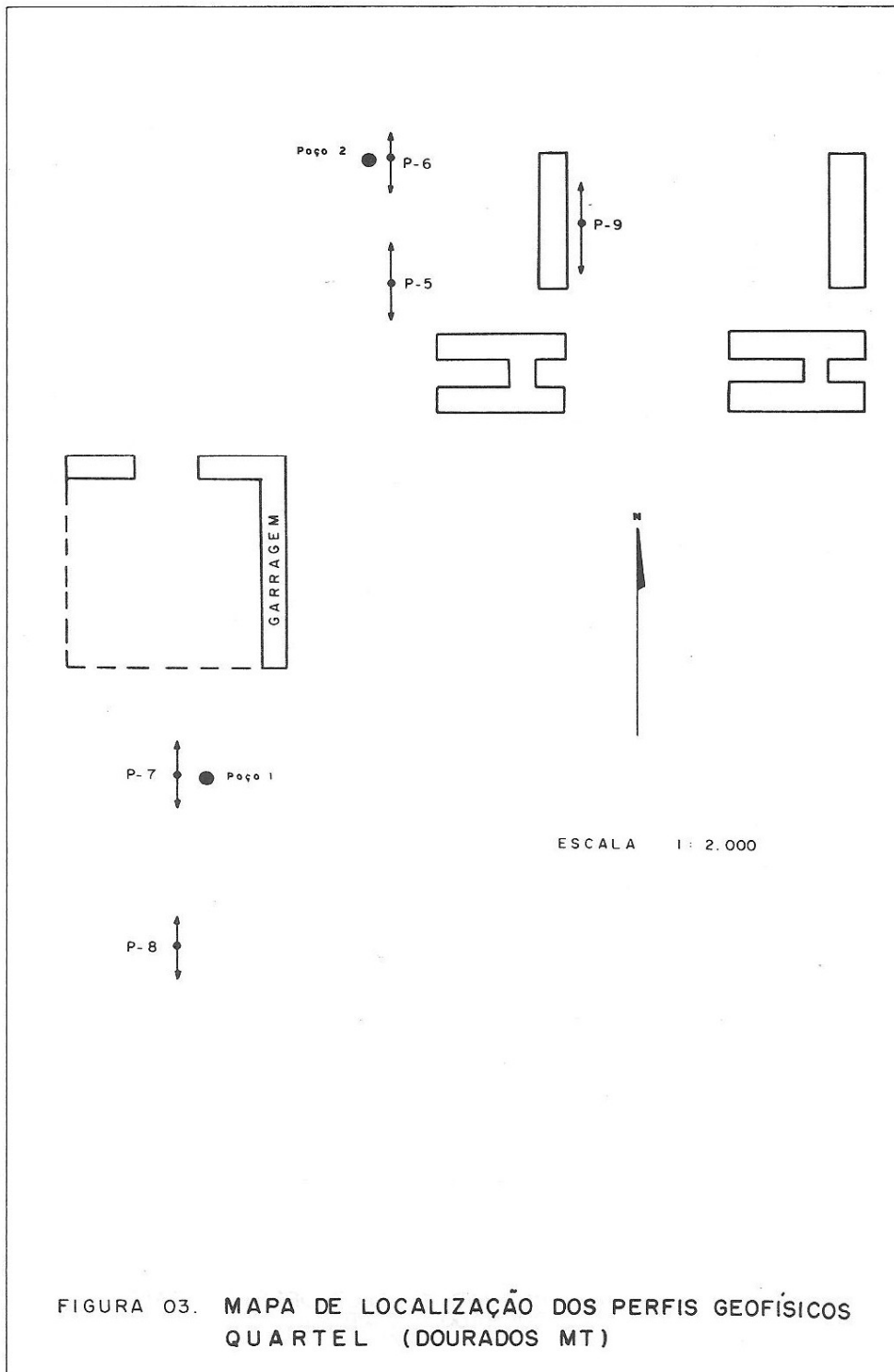


FIGURA 03. MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS GEOFÍSICOS QUARTEL (DOURADOS MT)

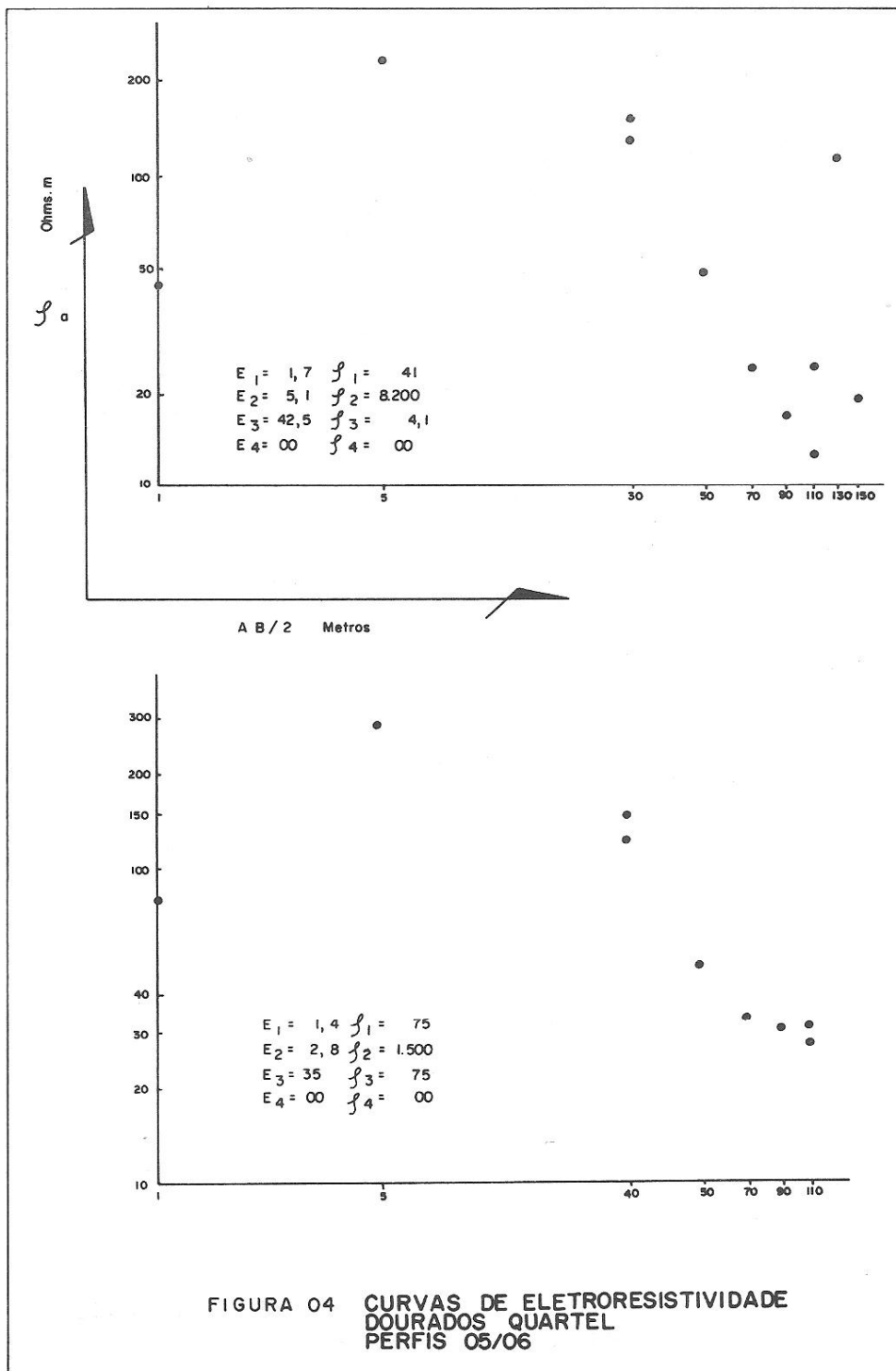


FIGURA 04 CURVAS DE ELETRORESISTIVIDADE
 DOURADOS QUARTEL
 PERFIS 05/06

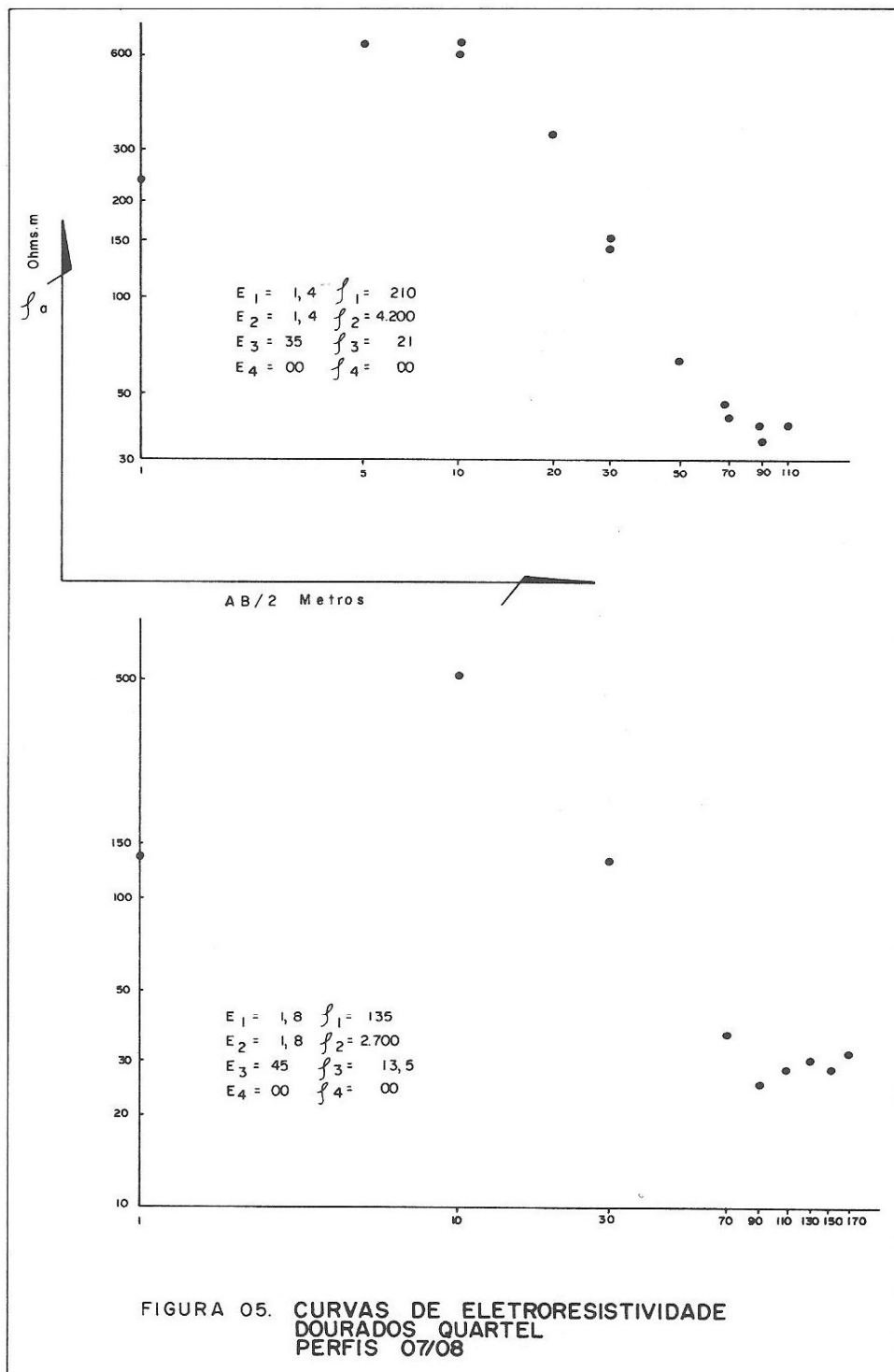


FIGURA 05. CURVAS DE ELETRORESISTIVIDADE
 DOURADOS QUARTEL
 PERFIS 07/08

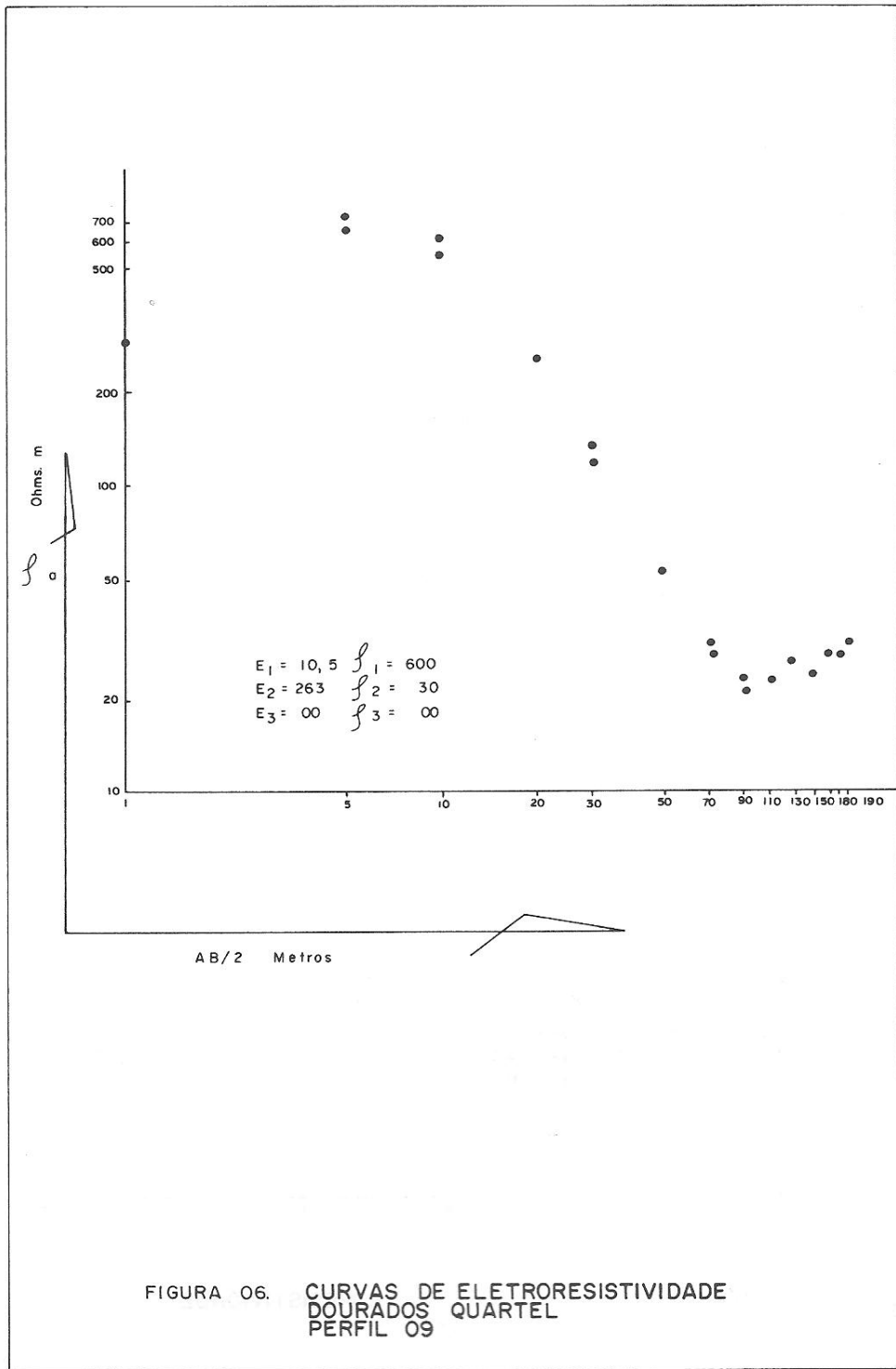
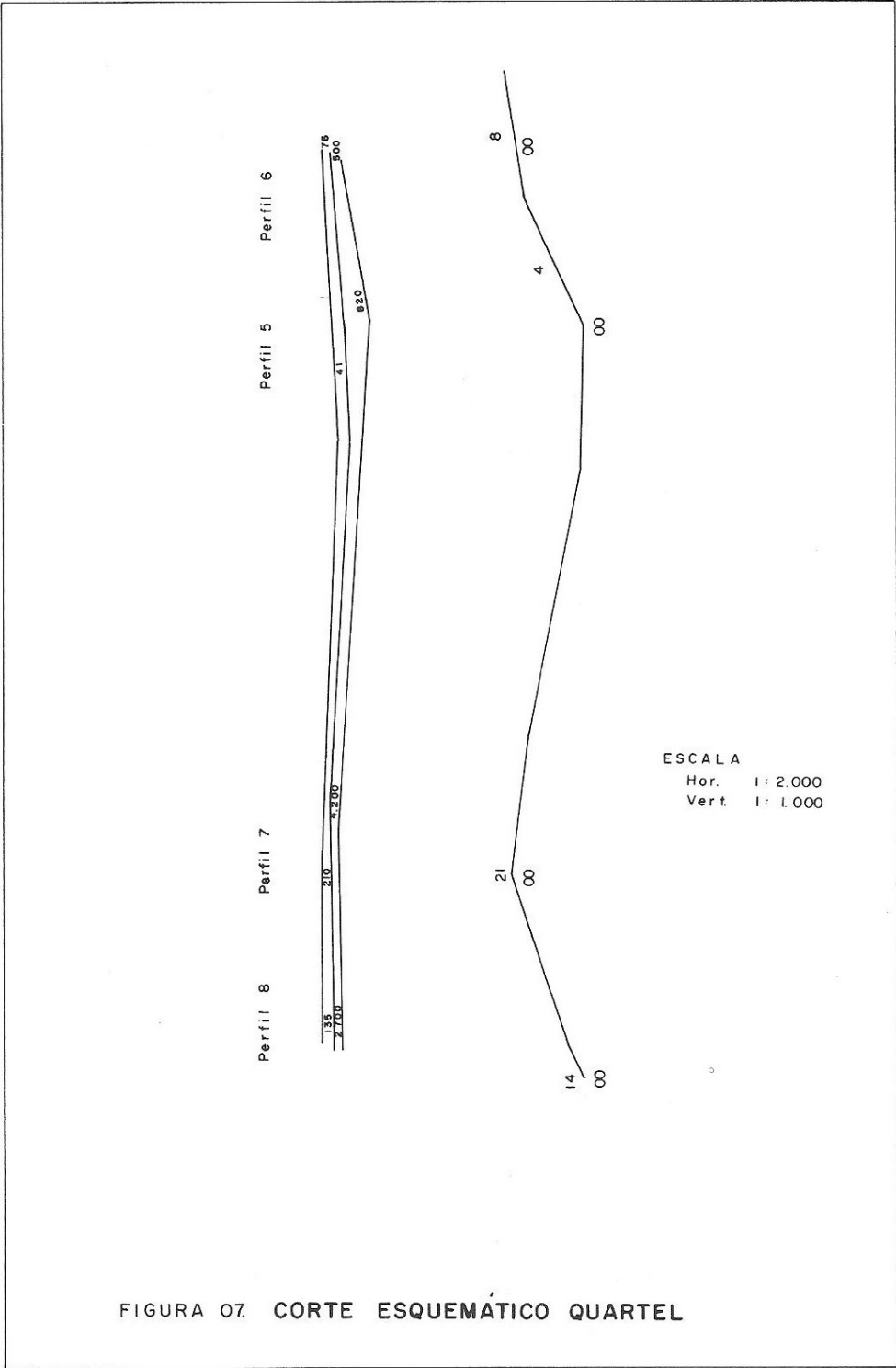


FIGURA 06. CURVAS DE ELETRORESISTIVIDADE
DOURADOS QUARTEL
PERFIL 09



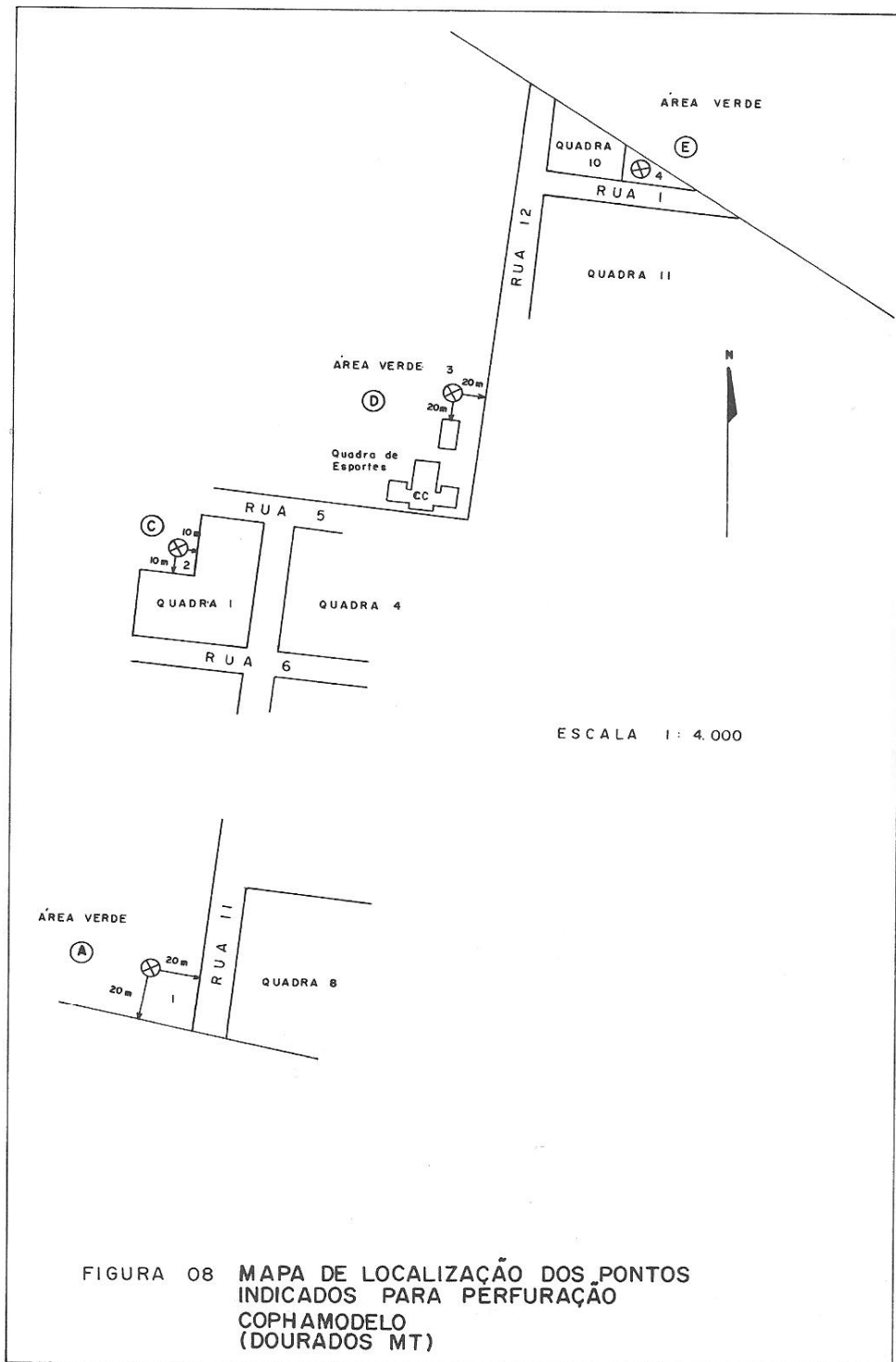


FIGURA 08 MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS INDICADOS PARA PERFURAÇÃO COPHAMODELO (DOURADOS MT)

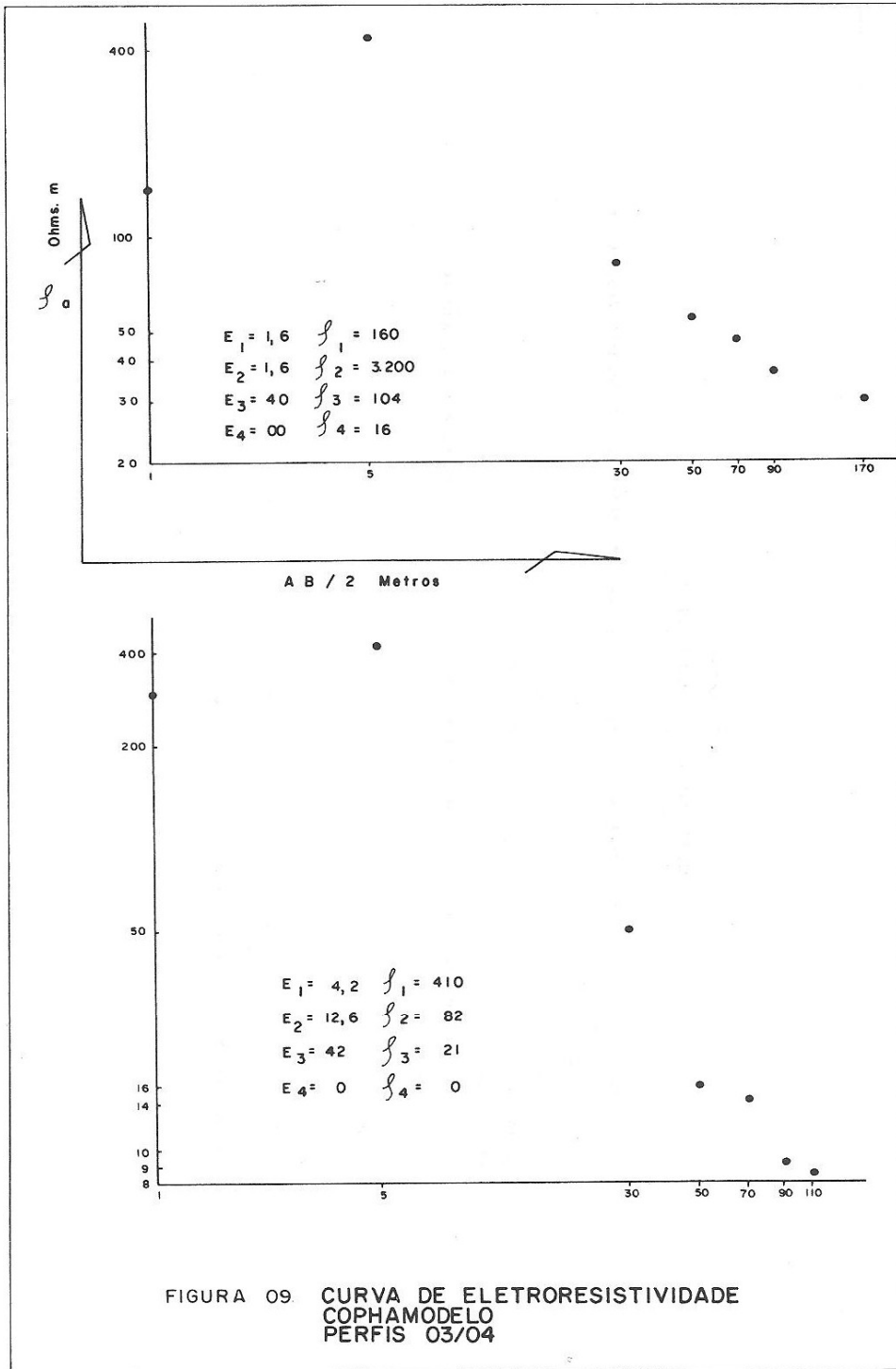


FIGURA 09 CURVA DE ELETRORESISTIVIDADE
COPHAMODELO
PERFIS 03/04

QUADRO OI

COPHAMODELO - DOURADOS MT PERFIL LITOLÓGICO - POÇO Nº 02

0 - 10	BASALTO AMIGDALOIDAL CINZA AVERMELHADO; MALAQUITA.	VESÍCULAS PREENCHIDAS POR QUARTZO, ZEOLITAS E
10 - 20	IDEM	
20 - 30	IDEM	
30 - 40	BASALTO, GRÃO FINO COMPACTO, POUCO AMIGDALÓIDE.	
40 - 50	IDEM	
50 - 60	BASALTO AMIGDALÓIDE, PREENCHIMENTO POR CALCITA, QUARTZO, ZEOLITA, MALAQUITA E BIOTITA.	
60 - 70	IDEM	
70 - 80	IDEM	
80 - 90	BASALTO COMPACTO	
90 - 100	IDEM	
100 - 110	IDEM	
110 - 120	BASALTO MUITO FRATURADO E ALTERADO E SILTE CINZA SILICOSO.	
120 - 130	BASALTO COMPACTO.	
130 - 140	BASALTO ALTERADO MARROM AVERMELHADO, AMIGDALÓIDE.	

QUADRO 02

CIDADE	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	VAZÃO (l/h)	PROFUNDIDADE (m)	OBSERVAÇÕES	CIDADE	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	VAZÃO (l/h)	PROFUNDIDADE (m)	OBSERVAÇÕES
TANGARÁ DA SERRA	17	105	3.283	300	19 - 300m Basalto Topirapuá	PONTA - PORA	14 13 17 17 4	32 33 30 32 18	46.000 6.200 4.200 4.200 48.000 17.000	150 320 320 300 300 108	Solo vermelho Basalto Basalto com ossídeos Basalto preto com ossídeos Basalto com fraturas
DOURADOS	76 68,50 68,50 6,50	110 65,70 46,254 64,20	1.200 46,254 33.000	170 180 190 150	Terra vegetal - Basalto - Arenite Bouru - Basalto	CAARAPÓ	- 12,90 10,4	23 34,5	4.000 25.800 10.200	300 180 150	F Bouru - Basalto Basalto Basalto
DEODÁPOLIS	20	50	5.700	320	Arenite-Basalto	GLÓRIA DE DOURADOS	20 6,8	32 10	26.400 31.700	150 150	Arenite e Basalto Água não potável
SERRAORA	15	30	8.900	120	Argila-Basalto	APARECIDA DO TABAJO	11 63,9 18	66,3 73,80 31	17.600 79.200 14.100	150 364,50 300	F Bouru - Basalto Basalto marrom com ossídeos
DOURADINA	25	45	33.000	195	Argila arenita-Basalto	IVILHENA	38 -	42 -	21.000 50,8	150 -	Água Potável
PANAMEI	10	38	24.000	292	Arenite-Basalto	ANGÉLICA	13 37 -	03 111 -	19.800 900 23,3 18,4	150 350 -	Silt e areia/Basalto Basalto e argila preta
INOCÊNCIA	54	71,5	10.560	216	Arenite - Basalto	AMAMBÁ I	22	52	45.000	150	F Bouru - Basaltos
TERENOS	-	-	-	140 215	Solo areno-argiloso Basalto	PROGRESSO	-	-	16.000	150	Basalto Topirapuá fraturado
MARACAJU	4,0 -	19,0 -	31.000 44.500 32.700	165,8 -	Silt, argiloso Basalto	A FONSE	-	-	16.000	180	Folhas em basalto

POTENCIALIDADE HIDROGEOLOGICAS DE BASALTOS DE MATO GROSSO E
MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT -- Geological and geophysical activities were carried out in the states of Mato Grosso and Mato Grosso Sul, with the aim of locating deep tube wells in eighty four municipalities. This work was carried out as a part of the contract made between state Government and the University of Mato Grosso. We present here results of the work done on basalts of the Tapirapuã and Serra Geral formations.

Due to the low hydraulic conductivity of these crystalline rocks, the search for ground water is restricted to zones of fracture and faulting or where the permeability increases because of vesicular and amygdaloidal nature of these rocks.

Because of these difficulties from the point of view of occurrence of ground water, we developed a technique of prospecting, with the motive of detecting the fractures and joints that carry water.

Described are the resistivity surveys that employ Schlumberger configuration and the interpretations effected by the use of published curves, the interpretation having been made in the field and location submitted to authorities on spot.

We conclude that the method employed achieved its aims. The electrical resistivity measurements were carried out using nationally fabricated equipment. The success largely depends on the geological and tectonic model elaborated. The costs of prospecting are low, considering the high investments involved in the perforation of wells, especially if these wells turn out to be non-productive.