

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS - DGM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Distrito de Nova Dimensão
Nova Mamoré / Rondônia

Brasil

2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS - DGM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT

RELATÓRIO DE PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Organizadores:

Carlos Eduardo Santos de Oliveira
Victor Esteves Malverdi
Vitor Hugo Serravalle Reis Rodrigues
Katarina Rempel
Amilcar Adamy

Porto Velho

Agosto 2021

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Ministro de Estado
Bento Albuquerque

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Pedro Paulo Dias Mesquita

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente
Esteves Pedro Colnago

Diretor de Geologia e Recursos Minerais
Márcio José Remédio

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial
Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica
Paulo Afonso Romano

Diretor de Administração e Finanças
Cassiano de Souza Alves

RESIDÊNCIA DE PORTO VELHO

Amilcar Adamy
Chefe da Residência

Carlos Eduardo Santos de Oliveira
Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Herculys Pessoa e Castro
Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

EXECUÇÃO TÉCNICA

Carlos Eduardo Santos de Oliveira
Victor Esteves Malverdi
Vitor Hugo Serravalle Reis Rodrigues
Katarina Rempel
Amilcar Adamy

Sumário

APRESENTAÇÃO	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	10
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	12
6. BASES TEÓRICAS	13
6.1. Método da Eletrorresistividade	13
6.2. Mapa Potenciométrico e Gradiente Hidráulico	15
7. LEVANTAMENTO DOS DADOS	16
7.1. Dados Geofísicos	16
7.2. Dados Hidrogeológicos	17
8. PROCESSAMENTO E MODELAGEM DE DADOS	22
9. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	22
10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	30
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

APRESENTAÇÃO

Em atendimento a solicitação da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), o Serviço Geológico do Brasil (SGB / CPRM) / Residência de Porto Velho - REPO, desenvolveu estudos no Distrito de Nova Dimensão, município de Nova Mamoré, visando avaliar a potencialidade hidrogeológica da referida localidade com o objetivo de utilização da água subterrânea para a implantação do sistema de abastecimento de água de boa qualidade para a população residente neste distrito.

Para a execução desta atividade, foi designada uma equipe técnica multidisciplinar da REPO e da Superintendência Regional de Salvador / BA, constituída por um geólogo, um geofísico e um técnico em hidrologia, que se deslocaram até a localidade de Nova Dimensão, onde desenvolveram estudos específicos de natureza geológica, hidrogeológica e levantamento geofísico terrestre, com o intuito de identificar e avaliar as condições hídricas subterrâneas.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório refere-se ao resultado de um estudo geológico, hidrogeológico e geofísico realizado na região do distrito de Nova Dimensão, município de Nova Mamoré, localizado na porção noroeste do estado de Rondônia.

As etapas de estudo geológico e hidrogeológico foram executadas previamente, em trabalhos de gabinete, favorecendo o conhecimento do ambiente a ser estudado. Durante a execução dos trabalhos de campo foi aplicado o método geofísico da Eletrorresistividade, realizado por meio da técnica de Caminhamento Elétrico (CE). Este método identifica as variações de resistividade elétricas nas rochas, permitindo a interpretação de estruturas e variações litológicas ao longo de seções verticais. Em paralelo, como parte fundamental da pesquisa de água subterrânea, foi efetuado um levantamento dos poços amazonas (cacimbas) da região visando à obtenção de dados importantes tais como nível estático da água no poço, pH e condutividade elétrica da água subterrânea.

A reunião dos dados coletados em campo com uma compreensão adequada dos aspectos geológicos e hidrogeológicos a nível regional e também local, abrangendo o distrito de Nova Dimensão, teve como objetivo identificar as condições geológicas mais favoráveis à construção de poços tubulares profundos, visando o aproveitamento de água subterrânea em melhores condições.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O distrito de Nova Dimensão, pertencente ao município de Nova Mamoré, está localizado aproximadamente a 337 km da capital Porto Velho, na região noroeste do estado. O acesso é realizado através da BR-364, desde Porto Velho até a sede do município (Nova Mamoré), percorrendo-se 281 km por via asfaltada. A partir da sede, toma-se a rodovia estadual RO-420, não pavimentada, até o distrito de Nova Dimensão, da qual dista 58 km (Figura 1).

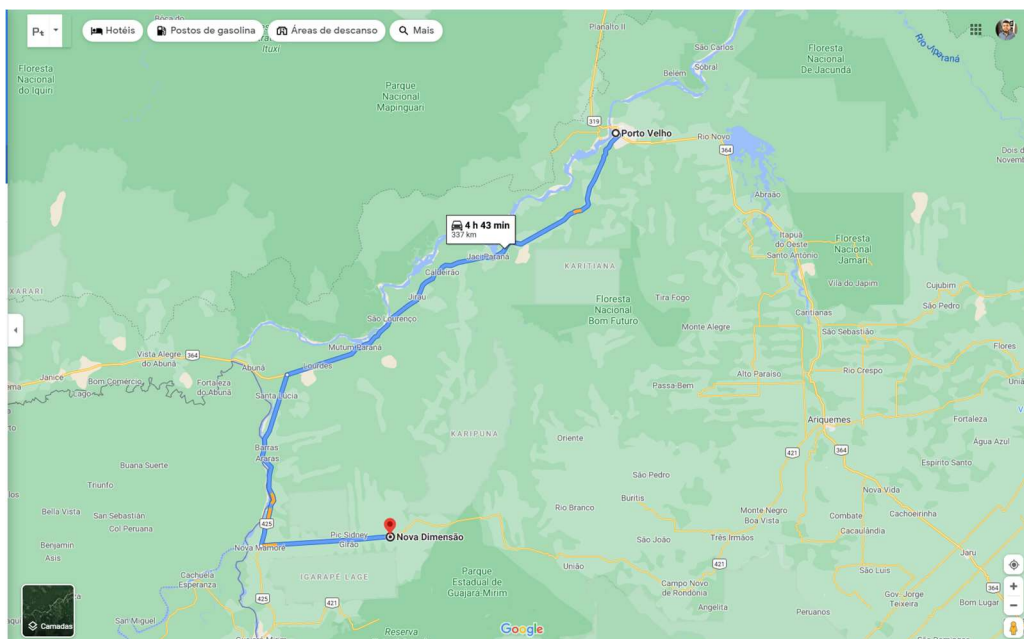


Figura 1. Mapa de localização e acessos. Fonte: Google Maps (2021).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

A área de pesquisa é constituída por sedimentos da Cobertura Sedimentar Indiferenciada, não cartografados, sobrepostos às rochas do Complexo Nova Mamoré e dos granitos da Suíte Laje (Figura 2).

O Complexo Nova Mamoré é constituído por uma associação de rochas polideformadas gnáissico migmatíticas de natureza paraderivada, com lentes de anfibolitos associadas e um núcleo ortoderivado restrito a rochas migmatíticas. É intrudida por corpos graníticos de natureza anatética e subordinadamente por granitos do tipo S. O complexo foi dividido em dois principais grupos de unidades: rochas ortoderivadas e rochas metassedimentares, aflorantes a sul da sede municipal.

Trabalhos pioneiros executados pela CPRM desde a década de 1970 identificaram a presença de corpos graníticos do tipo-S na região adjacente ao Complexo Nova Mamoré. Rizzotto *et al.* (2005) cartografaram uma série de stocks graníticos descontínuos e intrusivos no Complexo Nova Mamoré e denominaram esta nova unidade litoestratigráfica como Suíte Laje, abrangendo os granitos derivados da fusão parcial do Complexo Nova Mamoré. No Mapa Geológico de Rondônia, Rizzotto e Quadros (2007) incluíram uma série de outros corpos menores na região entre o município de Nova Mamoré e os

distritos de Nova Dimensão e União dos Bandeirantes. A partir de novos dados de campo e da interpretação dos produtos geofísicos adquiridos no projeto Noroeste de Rondônia, é perceptível a distribuição geográfica desta unidade, e neste sentido, foram sistematizadas em duas unidades distintas de granitos: o granito Laje que corresponde aos biotita-granitos do tipo S e o granito Nova Dimensão, corresponde ao leucogranito, produto de processos de anatexia.

Os sedimentos de cobertura indiferenciada foram observados em uma significativa parcela da área de pesquisa, embora não individualizados cartograficamente. Scandola *et al.* (1999) atribuem uma idade plio-pleistocênica e os interpretam de forma geral como leques aluviais, canais fluviais, planícies de inundação e depósitos lacustres, constituídos por uma variedade de materiais detríticos. Do ponto de vista litológico, são representados por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, por restos de materiais lateríticos (horizontes mosqueado e argiloso, além de restos de crosta laterítica ferruginosa) e ainda por sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por uma cobertura de solos indiscriminados. Em média, a espessura desta unidade alcança 40 m. São observados em superfície planas, associadas a solos argilo-arenosos, níveis arenosos e formações argilosas em contato com materiais do intemperismo. As unidades que compõem estas coberturas são desprovidas de material fossilífero.

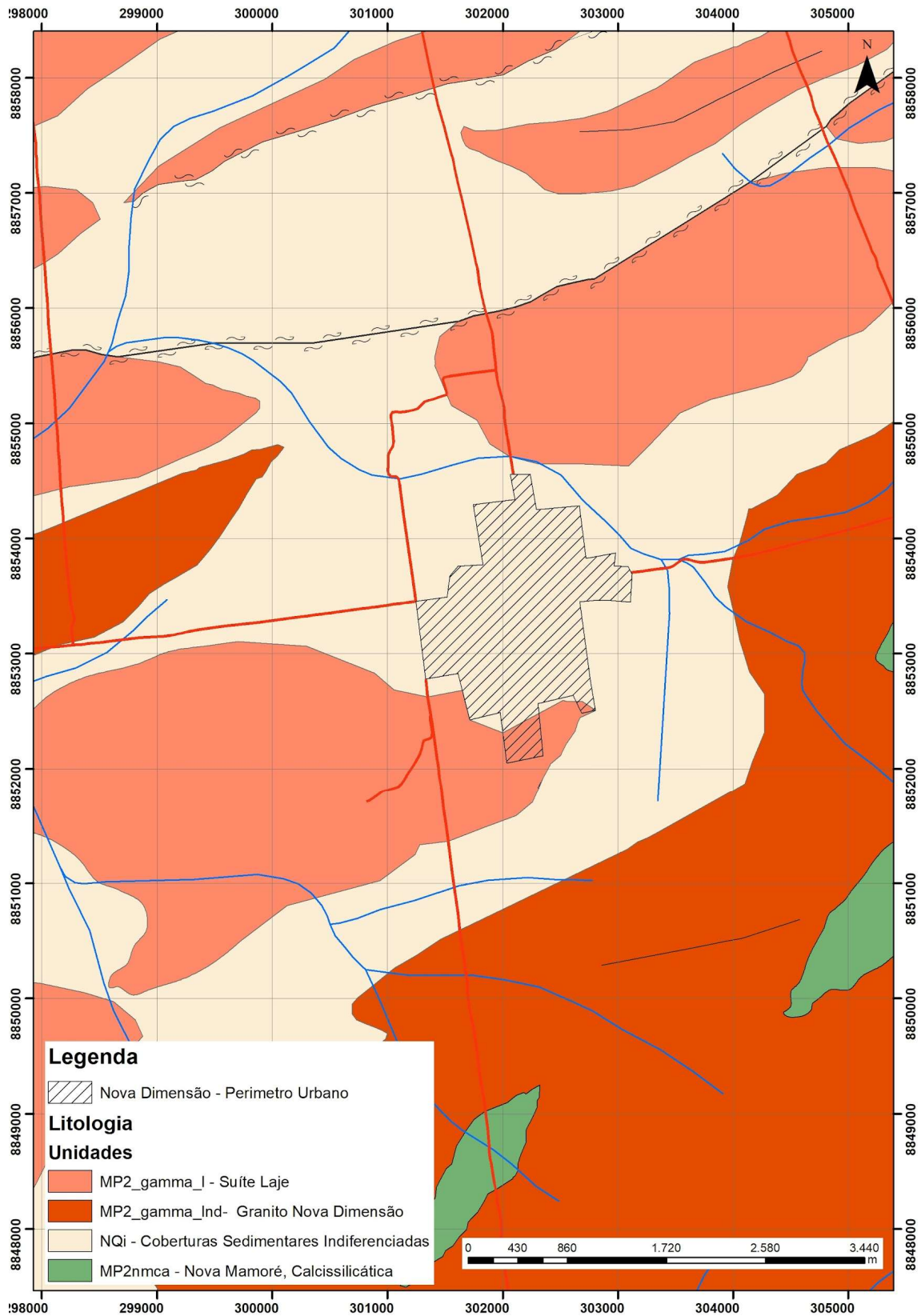


Figura 2. Mapa geológico regional e localização. Fonte: Quadros & Rizzotto, 2007.

4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

O contexto geológico da área estudada apresenta, em seu topo, a unidade litoestratigráfica Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, não cartografada, sotoposta às rochas ígneas e metamórficas. Essa unidade forma um aquífero poroso subsuperficial, de espessura variável podendo atingir até 40 m (Figura 3), possuindo características de porosidade/permeabilidade intersticial (primária). As rochas cristalinas (Complexo Nova Mamoré e Suíte Laje), em profundidades maiores, apresentam características de porosidade / permeabilidade fissural (secundária) em função das fraturas da rocha sã.

A rocha sã fraturada é considerada como um meio eventualmente muito transmissivo, enquanto que o manto de intemperismo sobrejacente representa um meio poroso com alta capacidade de armazenamento (LACHASSAGNE et al., 2011). Dados resgatados de estudos hidrogeológicos de escala regional, na área prospectada, indicam aquíferos fissurais, pouco produtivos, com vazões baixas entre 5 e 10 m³/h.

No entorno da mancha urbana, a litologia é composta de metassedimentos consistindo basicamente de sequências de rochas xistosas e gnáissicas, além de corpos básicos e ultrabásicos, de baixa potencialidade hidrogeológica, mesmo se fraturados.

A CPRM é detentora de um banco de dados com informações de poços abrangendo todo o território brasileiro, denominado Sistema Integrado de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Consultas efetuadas junto a este banco de dados revelam a presença de poços cadastrados no município de Nova Mamoré (Tabela 1), sendo que dois deles apresentam vazões médias em torno de 4,65 m³/h (SIAGAS, 2021) (Figura 3).

As condições climáticas na região durante o período chuvoso atingem uma precipitação anual entre 2000 e 2300 mm, que favorece a infiltração e a acumulação; no período recessivo a descarga se dá pelas drenagens efluentes e fontes, além das captações por poços (PEREIRA et al., op. cit.).

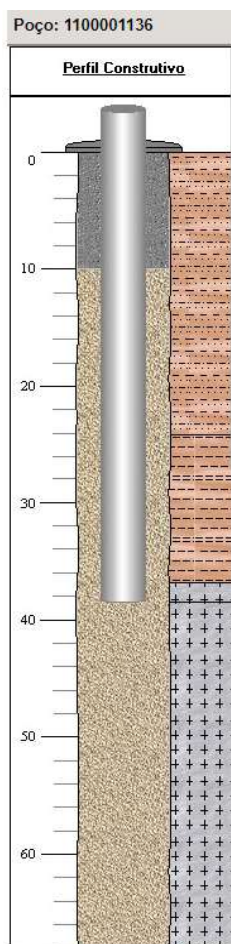


Figura 3. Poço do banco de dados SIAGAS da região de Nova Mamoré/RO, mostrando a espessura dos sedimentos e a profundidade da ocorrência das rochas cristalinas. Fonte: SIAGAS, 2021

Tabela 1. Poços tubulares cadastrados no Sistema Integrado das Águas Subterrâneas (SIAGAS) no município de Nova Mamoré/RO.

POÇOS						
Número SIAGAS	UF	Localidade	Natureza	Ne (m)	Nd (m)	Vazão Estabilização (m ³ /s/h)
110000263	RO	Nova Mamoré	Poço tubular			5
110000408	RO	25 Km ao norte de Guajará Mirim pela BR-425	Poço tubular	8	23	5.7
1100001136	RO		Poço tubular	4	15	7
1100001137	RO		Poço tubular	8	65	1
1100001580	RO	Aldeia Indígena Lage Velho	Poço tubular	3.5	40	3
1100003164	RO			7	10	5
1100003229	RO		Poço escavado(cacimba/cisterna)	7	8	
1100004529	RO	Particular	Poço tubular	12.08	16.68	3.6
1100004682	RO	Madeiras Araras	Poço tubular	12.5	17.4	3
1100004848	RO		Poço tubular	18	45	7

Em Nova Dimensão foram descritos dois poços tubulares, com profundidade em torno de 100m, distribuídos em uma região de aproximadamente 40 ha. Segundo informação dos proprietários, estes poços possuem uma camada arenosa de até 40 m de espessura correspondente aos sedimentos de cobertura indiferenciada, sendo que a perfuração foi concluída ao atingir a rocha cristalina. As informações prestadas indicam uma baixa vazão para estes poços. O nível estático medido nestes poços tubulares foi de 7,28m. Em dois poços amazonas (cacimba) localizados na mesma área de pesquisa, indicaram níveis estáticos com profundidade de 10m e 8,5m.

A declividade da porção norte da área de estudo está direcionada no sentido norte-sul, até alcançar o igarapé Santana, que pode ser abastecido parcialmente pelo aquífero em período de recessão.

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

Os trabalhos foram realizados em três etapas principais:

I) Primeira Etapa: após a constituição da equipe executora, foi desenvolvida uma atividade de escritório, envolvendo uma análise da área pesquisada, a preparação de equipamentos e o levantamento de informações geológicas, hidrogeológicas e geográficas.

II) Segunda Etapa: consistiu no trabalho de campo com levantamentos geofísicos e hidrogeológicos. No levantamento geofísico de campo foram executados 7 (sete) caminhamentos elétricos com arranjo dipolo-dipolo. Para as medições de campo, o equipamento utilizado foi um eletrorresistímetro marca Sycal Pro de 10 canais, fabricado pela *Iris Instruments*. Também foram utilizados cabos de fiação flexível 1,5 mm², eletrodos de aço inoxidável maciço e bateria (12V) como fonte de carga elétrica. Para o levantamento de dados hidrogeológicos, foi realizada a coleta de dados de 24 poços (entre poços tubulares e amazonas) distribuídos pelo núcleo urbano de Nova Dimensão. Para a obtenção do nível estático, foi utilizado um medidor de nível de água de

aço inoxidável. Com auxílio de amostradores, foram coletadas amostras de água, além da medição *in loco* de dados hidroquímicos tais como pH, condutividade elétrica e total de sólidos dissolvidos, através de um medidor portátil.

III) Terceira Etapa: consistiu no processamento, modelagem e na interpretação geológicas dos dados e confecção do relatório final. Para a modelagem dos dados foi empregado o *res2dinv* da *Geotomo Software*.

6. BASES TEÓRICAS

6.1. Método da Eletroresistividade

As propriedades elétricas das rochas podem ser utilizadas através de sua medição por métodos geofísicos para investigar sua distribuição abaixo da superfície. A resistividade elétrica das rochas é uma propriedade extremamente variável podendo ir de 10^{-6} ohm.m para minerais tais como o grafite até mais de 10¹² ohm.m para rochas quartzíticas secas (WARD, 1990). A maioria das rochas e minerais é isolante em seu estado sólido. Na natureza, porém, elas quase sempre contêm água intersticial com sais dissolvidos. Assim, elas podem adquirir uma condutividade iônica variável conforme a umidade, a natureza dos eletrólitos e o grau de saturação dos espaços abertos (poros, microfissuras, fraturas, etc.) pela água.

No método geofísico de eletroresistividade, uma corrente elétrica contínua é introduzida no interior da terra através de dois eletrodos (varas de metal) conectados aos terminais de uma fonte portátil de força eletromotriz. A distribuição de potencial resultante no solo é mapeada através de outros eletrodos, geralmente em número de dois, também de metal ou de um material não-ionizável, conectados aos terminais de milivoltímetro. Através das leituras dos potenciais e da corrente elétrica injetada no solo, obtida por um mili-amperímetro ligado à fonte, podemos obter informações sobre a distribuição da resistividade elétrica abaixo da superfície. Este método tem sido amplamente utilizado no estudo de formações aquíferas, em correlações estratigráficas em

campos de petróleo e na prospecção de minerais metálicos (TELFORD *et al.*, 1990).

Os equipamentos medem a resistividade aparente. Afirma-se ser aparente porque não representa a resistividade real, mas sim a resistividade do conjunto heterogêneo formado pelos diferentes tipos de rochas, solos e estruturas. Por isso, o seu valor depende do tipo de arranjo usado na investigação, da natureza do solo e das rochas seccionadas pela corrente primária (TELFORD *et al.*, 1990).

O funcionamento básico do método de medição é o seguinte: i) uma corrente elétrica (I) é injetada no solo por meio de dois eletrodos, A e B, positivo e negativo, respectivamente; ii) em dois outros eletrodos, M e N, é medida a diferença de potencial (ΔV). Pela Lei de Ohm temos:

$$\rho = 2\pi \frac{\Delta V}{IG} (l)$$

onde ρ_a é a resistividade aparente da rocha em um meio heterogêneo e k é um fator geométrico que dependerá do arranjo dos eletrodos.

O arranjo dipolo-dipolo é um tipo de caminhamento elétrico (CE) que permite a investigação lateral da resistividade aparente em várias profundidades. Neste arranjo os eletrodos AB de injeção de corrente e MN de medição do potencial são dispostos segundo uma linha e o arranjo é definido pelo espaçamento entre os eletrodos $X=AB=MN$ (Figura 3). A profundidade de investigação cresce com a distância (R) entre os eletrodos de potencial e os de corrente e, teoricamente, corresponde a $R/2$. As medidas são efetuadas em vários níveis de investigação $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$, que corresponde ao ponto de intersecção entre uma linha que parte do centro do arranjo de eletrodos AB e outra que parte do centro do arranjo MN, com ângulos de 45° . O resultado final é uma pseudo-seção de resistividade aparente do subsolo.

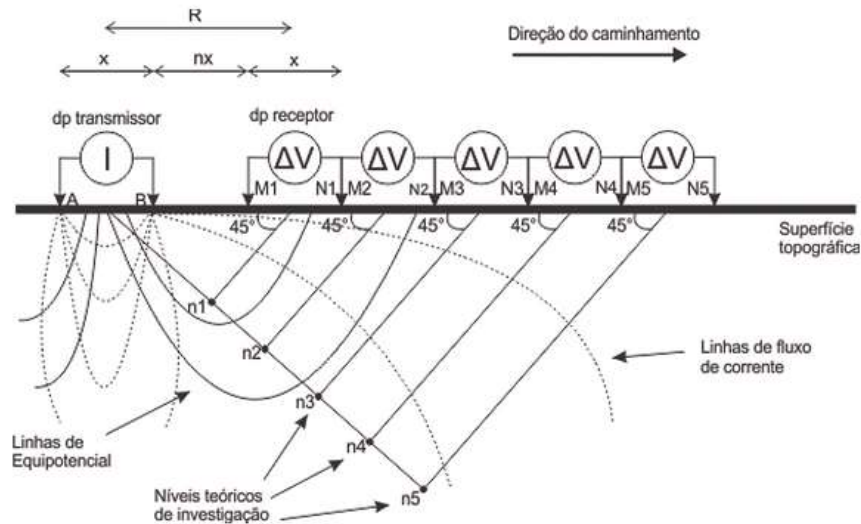


Figura 3. Esquema de arranjo dipolo-dipolo utilizado em caminhamentos elétricos.

6.2. Mapa Potenciométrico e Gradiente Hidráulico

A energia potencial, ou potencial de força **F** da água subterrânea, consiste de duas partes: elevação e pressão. Ela é igual ao produto da carga hidráulica **h** pela aceleração da gravidade **g**, ou seja:

$$F = g.h.$$

Para obter a energia potencial basta medir os níveis de uma rede de poços, referi-los em termos de cotas ou altitudes absolutas **h** (em relação ao nível do mar), e multiplicá-los pela aceleração da gravidade **g**. Como nas áreas de estudo a aceleração da gravidade assume um valor relativamente constante, na maioria dos problemas práticos os níveis medidos da água subterrânea numa rede de poços são expressos em termos de carga hidráulica (**h**) ou de níveis potenciométricos. Quando há pontos de níveis potenciométricos variados, pode-se construir linhas equipotenciais. Um mapa Potenciométrico (Figura 4) é aquele que apresenta linhas de contorno da superfície da zona saturada do aquífero livre ou piezométrica do aquífero confinado. As linhas de fluxo são perpendiculares às tangentes das equipotenciais e o gradiente hidráulico representa a variação de potencial ao longo das linhas de fluxo considerado.

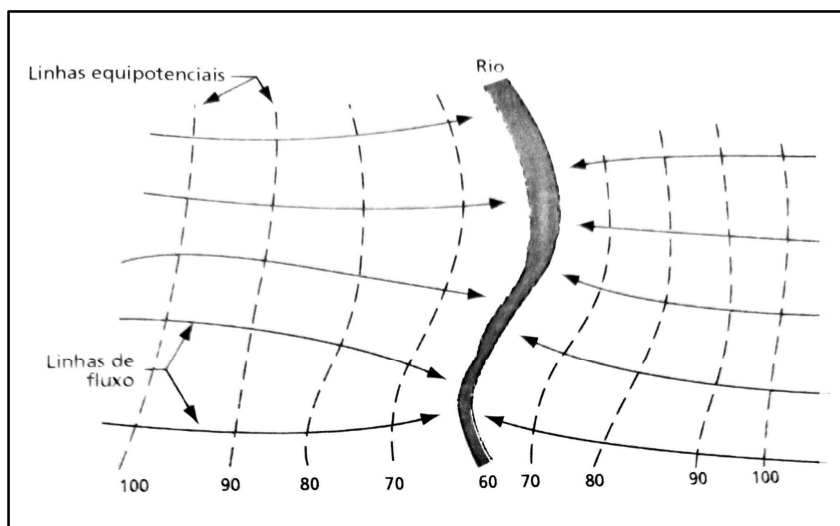


Figura 4. Mapa Potenciométrico ilustrativo com as linhas de fluxo de águas subterrâneas. Modificado de GIAMPÁ e GONÇALES (2013).

7. LEVANTAMENTO DOS DADOS

7.1. Dados Geofísicos

Nos trabalhos de campo foram adquiridas 7 seções dipolo-dipolo com 10 níveis de investigação cada e espaçamento de 20 m entre eletrodos. Esse valor de espaçamento permite imagear profundidades máximas em torno de 60 m. Com isso, espera-se que se possam distinguir as camadas de cobertura e embasamento nas seções elétricas, além de identificar pontos de fraturamento saturados em água dentro do embasamento.

As seções estão localizadas na área urbana do distrito de Nova Dimensão, município de Nova Mamoré e foram feitas seguindo o traçado das ruas (Figura 5). Foram executadas 07 (sete) linhas de levantamento, das quais 6 (seis) delas possuem direção aproximadamente norte-sul de modo a evidenciar as estruturas da região que tem direção principal aproximadamente Leste-Oeste (E-W).

Conforme pode ser observado na Figura 5, a localização das seções pode ser dividida em dois setores principais: norte e sul, sendo seccionadas pela rodovia RO-420. Ao setor norte, correspondem às linhas 1, 2 e 7 e no setor sul, as linhas 3, 4, 5 e 6. Em seu conjunto, foram adquiridos 6.860 m de seções de caminhamento elétrico, cujos pontos iniciais e finais podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados referentes às seções levantadas.

Linha	Comprimento (m)	Início (UTM)		Fim (UTM)	
		X	Y	X	Y
1	520	302403	8854173	302481	8853670
2	900	302218	8854539	302367	8853646
3	1300	302612	8851816	302439	8853116
4	1300	302373	8851825	302202	8853112
5	1400	302096	8851969	301925	8853332
6	720	301861	8852763	302571	8852872
7	720	301861	8854494	301971	8853783



Figura 5. Mapa de distribuição espacial dos caminhamentos elétricos realizados. Equipamento (Syscal Pro) utilizado para aquisição dos dados geofísicos de eletrorresistividade. Técnico do Serviço Geológico do Brasil operando na linha de caminhada elétrica.

7.2. Dados Hidrogeológicos

Foram examinados 25 poços durante a etapa de campo (Figura 6), e coletados dados de nível estático (NE), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e concentração de íons. O conjunto destes dados foi empregado para uma melhor compreensão de algumas características do aquífero. O nível estático serviu para obter o valor da carga hidráulica dos pontos (nível potenciométrico) e de valores variados, com o objetivo de construir o mapa potenciométrico e as linhas de fluxo. O resultado obtido irá

contribuir para a determinação dos locais mais favoráveis para a extração da água subterrânea. A Tabela 3 contempla todos os dados levantados em campo.



Figura 6. Equipe do Serviço Geológico do Brasil - CPRM realizando procedimentos de leituras e amostragem nos poços da região de Nova Dimensão.

Durante a etapa de campo, todos os poços estudados tiveram suas águas amostradas e medidos *in loco* parâmetros hidroquímicos. Os resultados auxiliam no estudo da qualidade dessas águas. O pH regula a precipitação de muitos metais e a capacidade de ataque químico da água; em valores de pH < 5, grande parte dos metais está presente na forma iônica, e nos mais altos tendem a precipitar. A faixa de pH mais comum nas águas é entre 5,5 e 8,5.

A condutividade elétrica é a capacidade de transmitir corrente elétrica por meio das substâncias dissolvidas, dado que auxilia também o levantamento geofísico. Constitui um importante parâmetro em estudos hidroquímicos, por estar relacionado ao tipo de material em contato com a água. Em águas doces naturais, geralmente são encontradas valores entre 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O total de sólidos dissolvidos representa o peso total das impurezas presentes na água, por unidade de volume, com exceção dos gases. Por exemplo, consideramos que 1 ppm equivale a 1 mg de soluto por litro de solução aquosa, na tabela abaixo. Nas águas subterrâneas naturais, a quantidade do total de sólidos dissolvidos é proporcional à condutividade elétrica, que representa os cátions dissolvidos.

Tabela 3. Nível estático, potenciométrico e dados hidroquímicos dos poços da área.

N° do Poço	UTM N	UTM E	Elevação (m)	N.E (m)	Altura da boca (m)	Nível Potenciométrico (m)	pH	Condutividade (µS/cm)	Total de Sólidos Dissolvidos (ppm)
1	8853724	302559	176	7,78	0,5	167,72	6,08	98	42
2	8853834	302433	173	4,34	0,13	168,53	4,85	100	50
3	8853855	302367	168	3,62	0,38	164	5,14	139	71
4	8853394	302484	210	4,46	0,2	205,34	6,2	171	86
5	8853508	302442	203	6,28	0	196,72	4,4	92	46
6	8851691	302590	192	5,34	0,34	186,32	5,2	40	20
7	8852059	302436	187	6,71	0,16	180,13	4,87	21	10
8	8852945	302555	181	6,6	0,6	173,8	4,48	54	27
9	8852877	301738	180	4,6	0,46	174,94	4,54	29	14
10	8852431	301421	184	7,96	0,42	175,62	5,02	53	27
11	8853322	301211	176	5,95	0,1	169,95	5,54	117	58
12	8853415	301157	173	4,81	0	168,19	5,21	39	19
13	8854027	301521	172	7,23	0,32	164,45	4,3	60	30
14	8853699	301846	180	7,25	0,53	172,22	4,25	100	50
15	8854517	302160	169	2,93	0	166,07	4,2	39	20
16	8854181	302190	195	6	0,46	188,54	5,02	55	27
17	8854217	301948	188	7,6	0,32	180,08	4,37	21	11
18	8853681	302091	187	4,08	0,1	182,82	4,47	51	26
19	8854197	302617	174	3,5	0,35	170,15	4,43	85	42
20	8853858	302910	174	3,76	0,47	169,77	4,3	71	36
21	8853271	302935	182	9,76	0,36	171,88	4,32	19	9
22	8852080	302056	188	6,56	0,2	181,24	4,4	21	10

23	8852765	301978	185	5,38	0,43	179,19	4,65	35	18
24	8853326	302016	181	6,09	0	174,91	4,4	56	28
25	8854119	301962	184	8,28	0,38	175,34	4,3	16	8

A Figura 7 exibe os mapas interpolados referentes aos parâmetros coletados em campo.

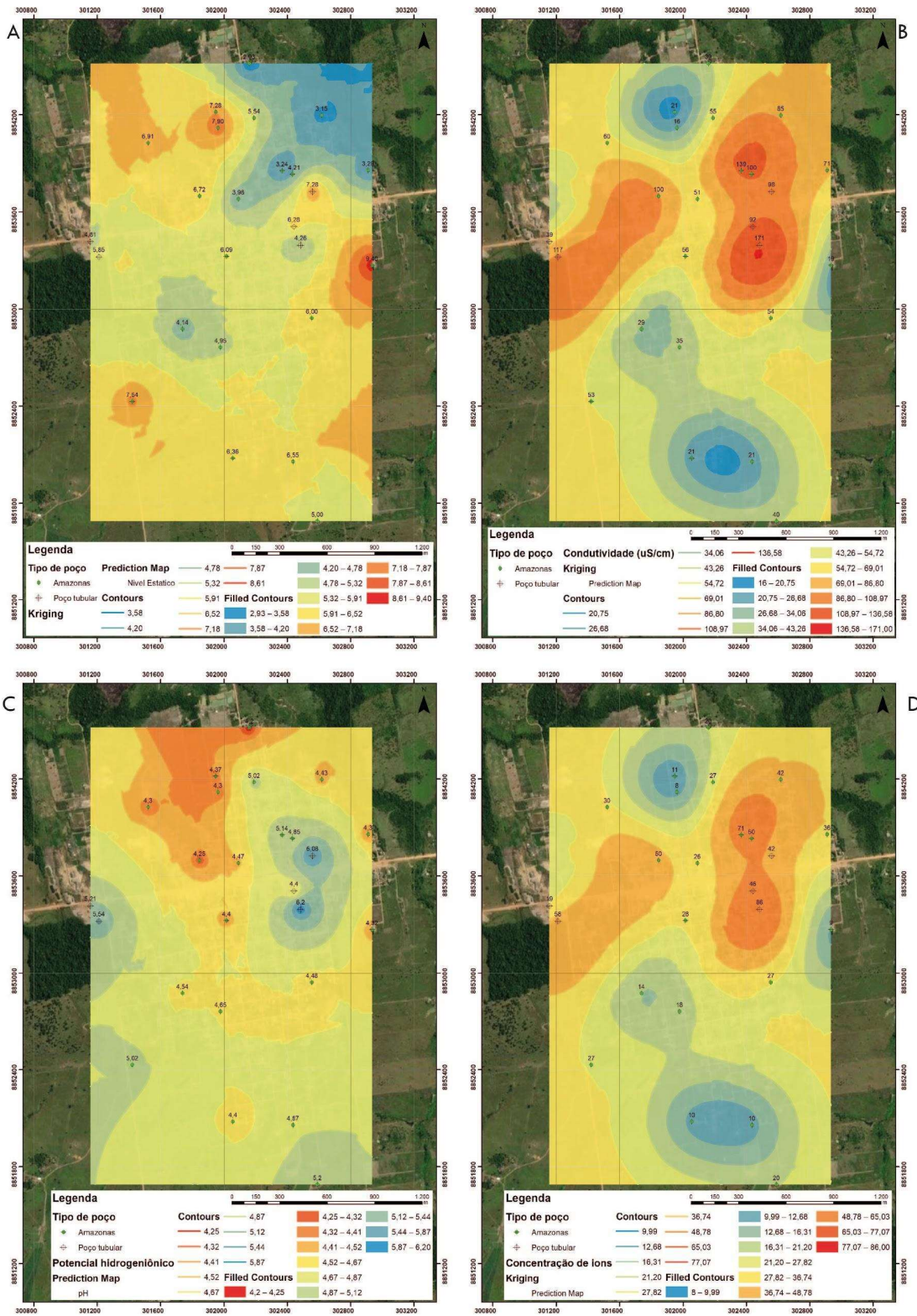


Figura 7. Mapas dos dados hidrológicos coletados na etapa de campo. A) Nível estático dos poços. (B) Condutividade elétrica. (C) pH-Potencial hidrogeniônico e (D) Total de sólidos dissolvidos (ppm).

8. PROCESSAMENTO E MODELAGEM DE DADOS

Na modelagem dos dados das pseudo-seções dipolo-dipolo levantadas foi empregado o método de inversão geofísica, que consiste na inferência dos parâmetros de resistividade e profundidade de um modelo bidimensional (2-D), a partir dos dados de resistividade aparente. No procedimento foi utilizado o *software res2dinv* (Geotomo Software, 2003, LOKE, 2000).

O modelo 2-D usado no programa divide a seção em um determinado número de blocos retangulares, sendo o seu arranjo definido pela distribuição dos dados na pseudo-seção. O *software* calcula a resistividade dos blocos retangulares para ajustar as medidas realizadas. A rotina de inversão utiliza uma técnica de otimização denominada de "smoothness-constrained least-squares" (Sasaki, 1992). A otimização procura reduzir a diferença entre os valores de resistividades calculados e os medidos em campo. A medida dessa diferença (erro) é dada pelo "root mean squared - RMS" (LOKE & BARKER, 1996).

Por causa da necessidade de efetuar uma inversão realística, Fox *et al.* (1980) analisaram os resultados da influência da topografia nas anomalias de resistividade do arranjo dipolo-dipolo e mostraram que a modelagem por elementos finitos soluciona o problema da topografia. Esta técnica foi inserida nas operações de inversão do *res2dinv*.

Previamente à modelagem, os dados de campo foram analisados para garantir a qualidade da aquisição. Nessa etapa é avaliada a consistência dos dados e os parâmetros geométricos da aquisição - valores de resistividade aparente negativos e *outliers* foram descartados.

9. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a etapa de inversão, os dados de resistividade calculada de cada linha adquirida são apresentados em seções geoeletricas, conforme pode ser observado nas figuras 8 a 14. Além disso, nas figuras 16 e 17 estas seções estão representadas sobrepostas à imagem de satélite do distrito de Nova Dimensão.

Uma análise rápida das seções apresentadas permite identificar três unidades distintas segundo sua característica de resistividade, que podem ser generalizadas para todos os perfis. Mais superficialmente, existe uma camada pouco espessa com resistividade variando de 800 a 1800 Ohm.m. que pode ser interpretada como a **camada de solo**. Mais abaixo está a camada que, em geral, apresenta os menores valores de resistividade, oscilando entre 8 a 600 Ohm.m, com espessura estimada de 20 a 40 m. Essa unidade pode ser compreendida como a **zona saturada da cobertura sedimentar**. Por fim, a região mais profunda se caracteriza por condutividades muito altas, de até 4800 Ohm.m, com topo em torno de 50 m de profundidade. Como está descontínua ao longo das seções, foi aqui interpretada como o **embasamento cristalino**.

No distrito de Nova Dimensão, foi identificado um poço cadastrado no banco de dados SIAGAS (cód. 1100003164), que foi utilizado para entendimento dos aspectos geológicos e hidrogeológicos da região. A descrição deste poço apresenta uma camada de solo de 2m seguido de uma camada de argila de 38 m na qual está inserido um pacote de laterita de 5 m de espessura com topo em 10 m. A partir de 40 m de profundidade está o embasamento cristalino de natureza granítica.

Em continuidade, serão descritas as interpretações e as discussões sobre os resultados obtidos nas Linhas L1, L2, L3, L4, L5 e L6.

- Linha – 01: Muito bem marcada a presença das 3 unidades geoeletricas na seção. No entanto, a partir da posição 360 m horizontal, o embasamento não é detectado (Figura 8).

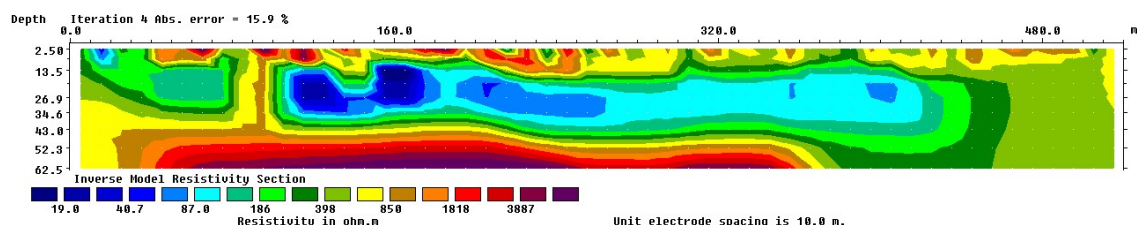


Figura 8. Seção geoeletrica da Linha 1.

- Linha - 02: Camada resistiva inferior bastante descontínua com indicações de possíveis zonas fraturadas, de menor resistividade. Essas zonas fraturadas formam pontos de interesse para a locação de poços que objetivem captar água presente em fraturas do embasamento (Figura 9).

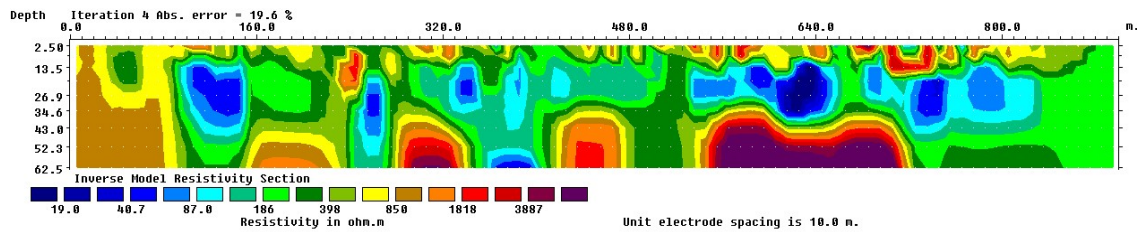


Figura 9. Seção geoeétrica da Linha 2.

- Linha - 03: Não é possível detectar claramente o embasamento cristalino nessa linha e podemos perceber uma zona de menor resistividade da unidade intermediária na metade mais à direita da seção (Figura 10).

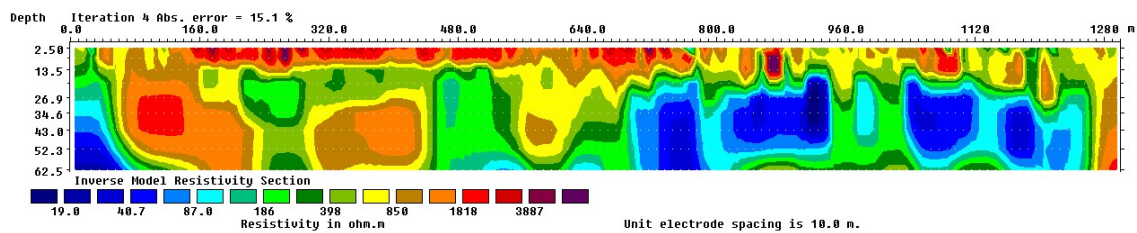


Figura 10. Seção geoeétrica da Linha 3.

- Linha - 04: Zona intermediária bastante saturada com região com maior resistividade à direita. Há alguns indícios da presença do embasamento cristalino em profundidades superiores a 60 m. Além disso, cabe ressaltar que a menor resistividade do pacote sedimentar em relação às outras seções pode estar associada à uma alteração maior do embasamento causada pela presença de fraturas (Figura 11).

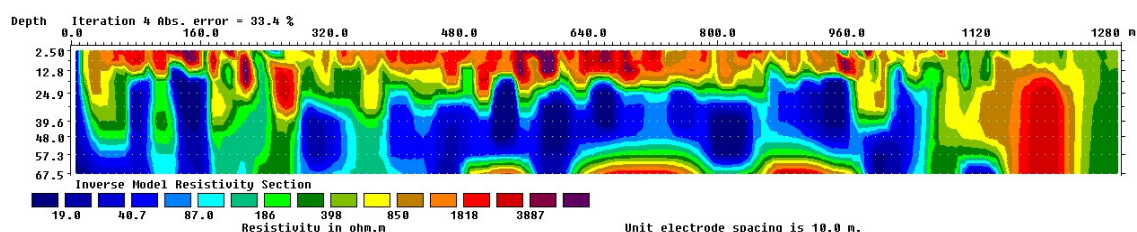


Figura 11. Seção geolétrica da Linha 4.

- Linha – 05: No geral, apresenta maior resistividade na segunda camada. Pode ser uma zona com mudanças no perfil de salinidade da água ou de saturação da cobertura sedimentar. O cristalino se apresenta bem pontualmente no começo e no fim da secção.

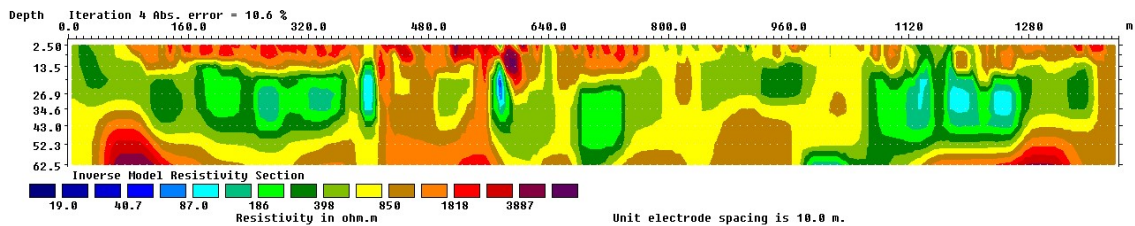


Figura 12. Seção geolétrica da Linha 5.

- Linha – 06: Os dados brutos desta linha apresentam grande quantidade de valores negativos de resistividade aparente para os dois primeiros níveis na região mais à esquerda, conforme pode ser visualizado na Figura 15. Dessa forma, os resultados dessa inversão podem não ser tão confiáveis por conta da ausência expressiva de informação, particularmente na região citada, e sua análise é feita apenas comparativamente com outras seções. Destacam-se ainda os valores de erro absoluto do resultado final da inversão - 58,1%. Tal fato demonstra a dificuldade do algoritmo de inversão de adequar os dados a um modelo de resistividade. De forma mais ampla, essa seção mostra resistividades menores à leste para a camada intermediária, a partir de 340 m, do que para o sentido oeste. Como nas outras, está também presente a camada de solo. Por outro lado, não é possível distinguir o embasamento granítico (Figura 13).

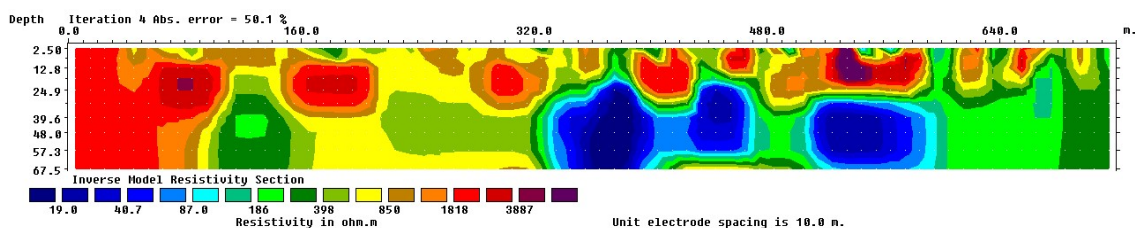


Figura 13. Seção geolétrica da Linha 6.

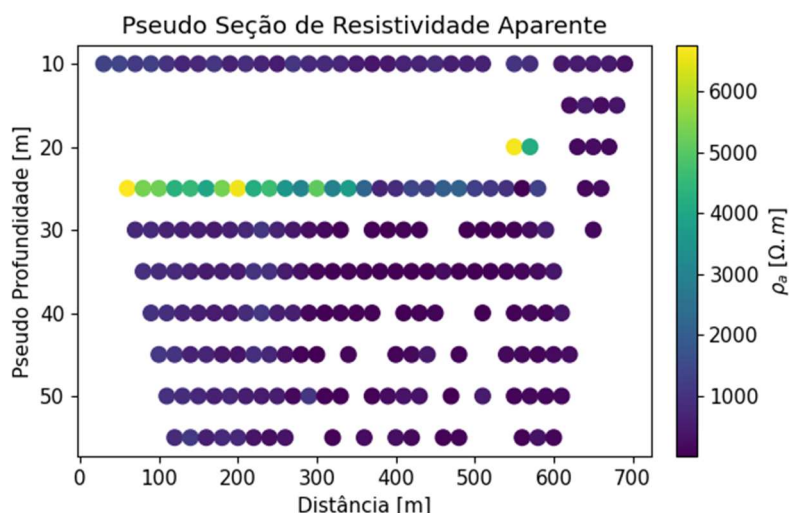


Figura 15. Seção de resistividade aparente da Linha 6 após filtragem de dados negativos e outliers.

- Linha – 07: Padrão regional de resistividade bem caracterizado nesta linha. Convém ressaltar que o embasamento pode ser apenas parcialmente inferido por resistividades maiores em zonas mais profundas no centro da seção. Merece destaque um corpo de baixa resistividade por volta de 640 m a 30 m de profundidade (Figura 14).

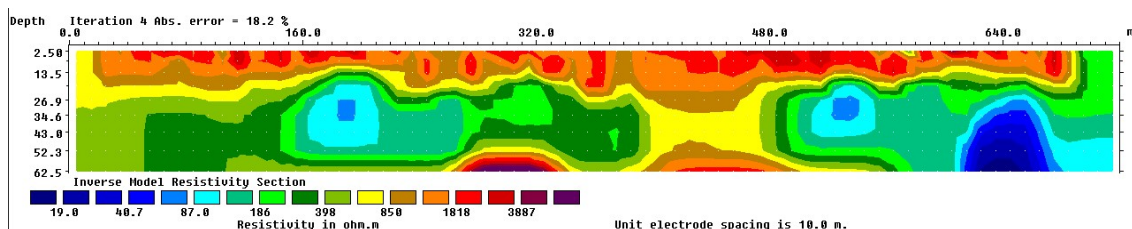


Figura 14. Seção geoeletrica da Linha 7.

Para além da análise individualizada das linhas de caminhamento elétrico, as aquisições foram divididas em dois conjuntos principais de acordo com sua localização: norte (Figura 16) e sul (Figura 17). As linhas do setor norte são mais curtas, por conta do tamanho das ruas, e de modo geral apresentam embasamento de mais fácil identificação nas seções geofísicas (Figura 16). No setor sul (linhas 3, 4, 5 e 6) o embasamento tem presença mais notável a sul da linha 5 e alguns resquícios nas outras linhas (Figura 17). As seções 3 e 4, mais a leste, possuem comportamento médio da camada intermediária mais

condutiva do que a seção 5. Essa mudança no perfil de condutividade de leste para oeste também é evidenciada na análise da linha 6, que é transversal às outras três linhas do setor sul (Figura 13). Essa variação de condutividade na cobertura sedimentar pode ser em função do grau de alteração da rocha original.

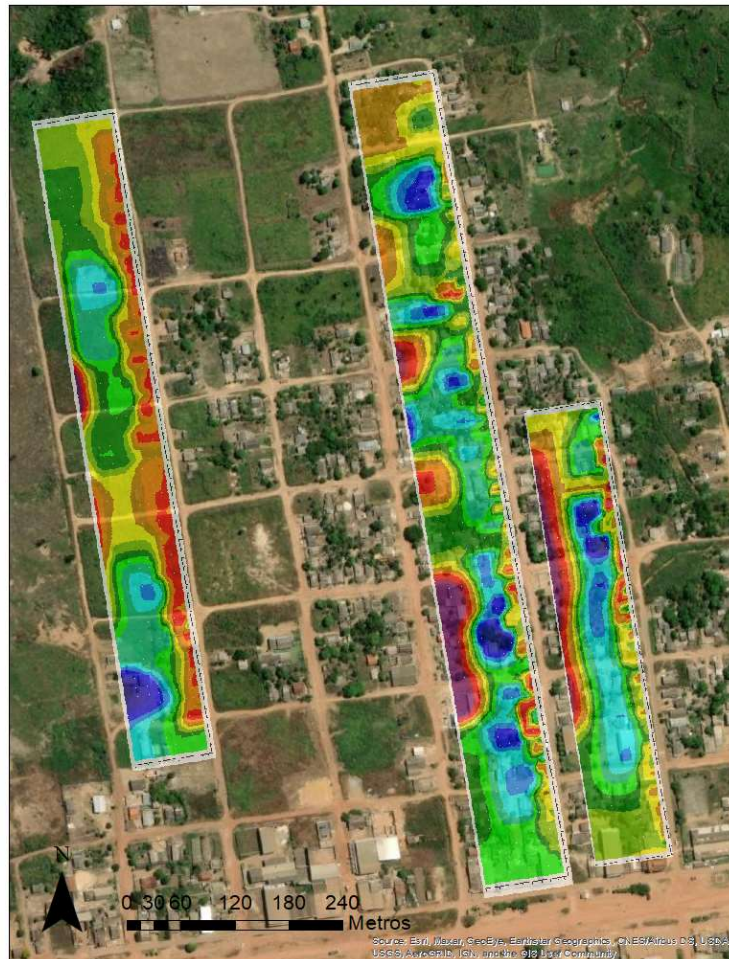


Figura 16. Seções geoeletricas em mapa, setor norte.

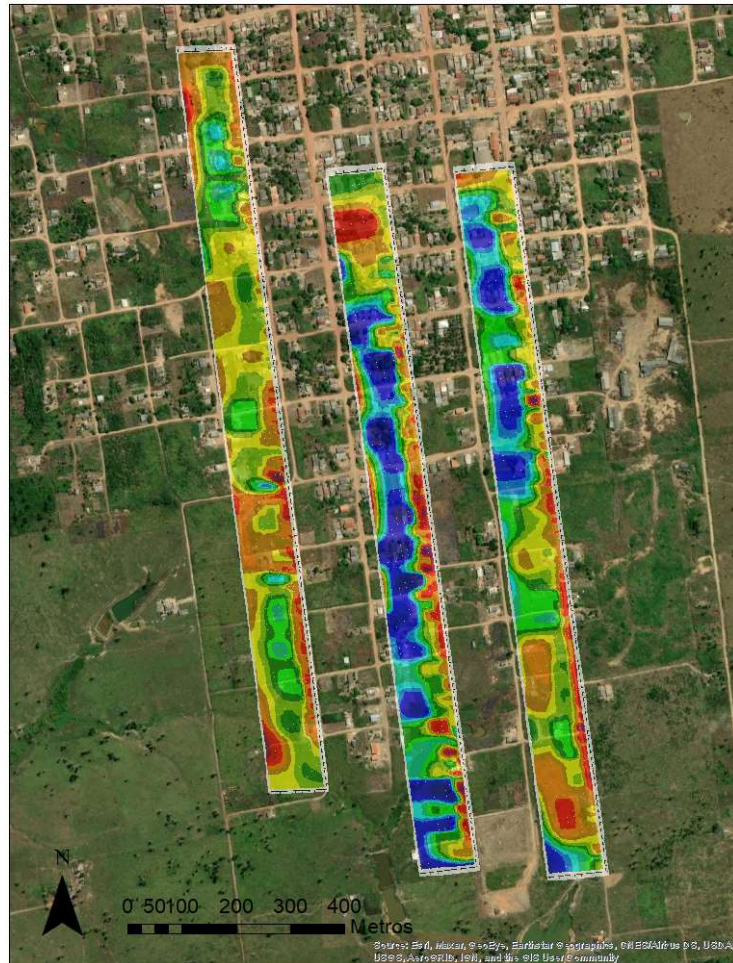


Figura 17. Seções geolétricas em mapa, setor sul.

A Figura 18 representa o mapa potenciométrico de Nova Dimensão, com as setas na cor verde representando o fluxo das águas subterrâneas. O mapa identifica as zonas de recarga e descarga do aquífero local, apesar da região de pesquisa apresentar pouca variação topográfica. Durante a análise dos dados coletados é notável a variação da superfície topográfica acompanhada parcialmente da superfície hidrostática, indicando o aquífero livre e superficial. Esta característica garante infiltração das possíveis zonas de fraturas em subsuperfície, abaixo do manto de alteração.

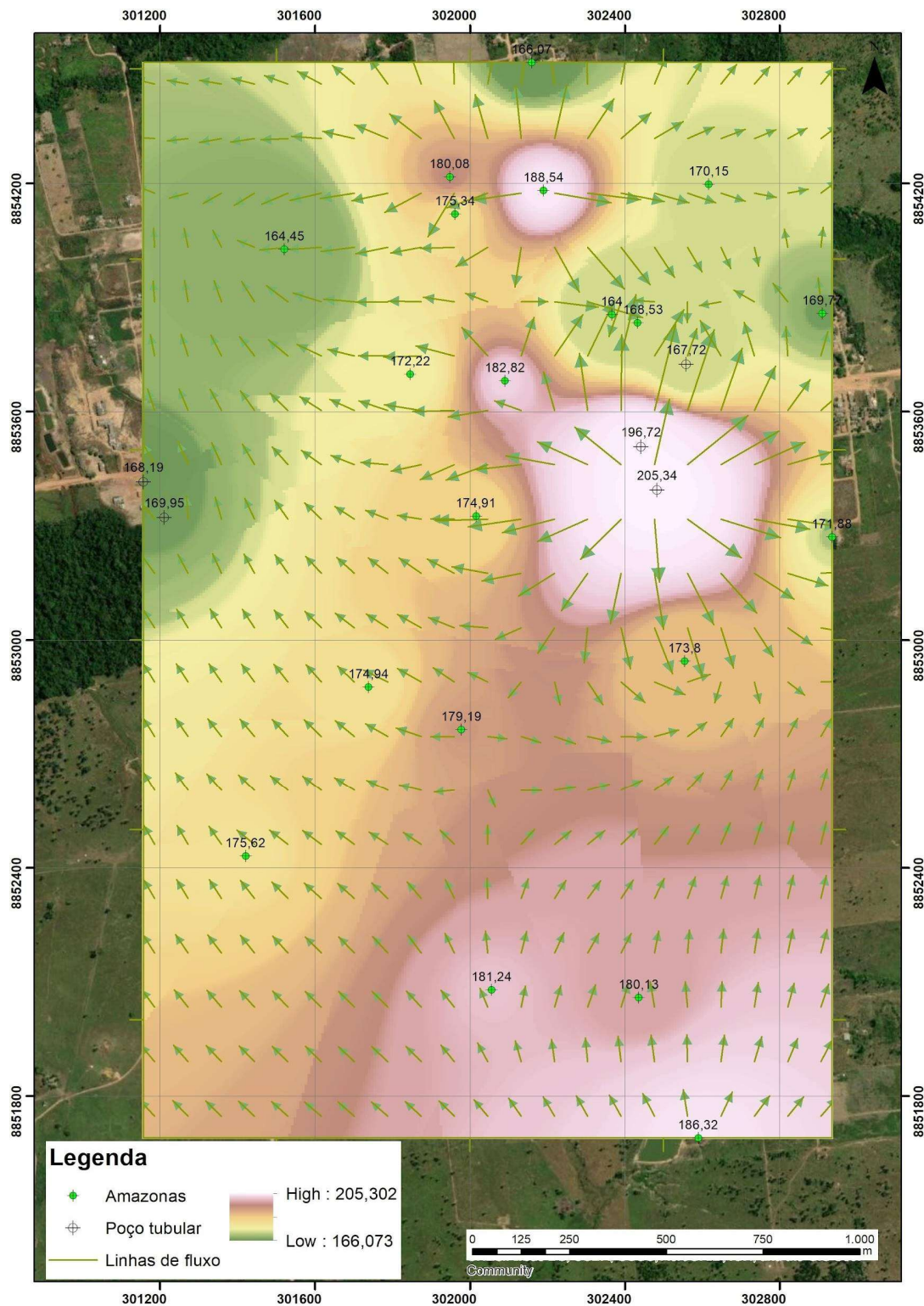


Figura 18. Mapa Potenciométrico com base nos dados coletados durante a etapa de campo.

Este mapa pode contribuir para determinação das formas e da evolução de plumas de poluição, além de ajudar a determinar os locais favoráveis para extração da água subterrânea. A partir da combinação com os valores de

permeabilidade do meio aquífero, contribui também para calcular a velocidade aparente do fluxo da água subterrânea. Os parâmetros hidroquímicos coletados evidenciam claramente a diferença *de background* da condutividade elétrica das amostras de águas coletadas de poços tubulares (até 171 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e as amostras coletadas em poços amazonas (com média de 53 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Este contraste ocorre em razão dos poços tubulares subterrâneos captarem água em profundidades maiores. Na Figura 7, os mapas de condutividade elétrica e pH são concordantes, sendo a quantidade do total de sólidos dissolvidos proporcional à condutividade. De forma geral, o mapa de pH das águas coletadas apresentou dados entre 6,2 e 4,3.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme descrito nos itens anteriores, o Distrito de Nova Dimensão apresenta um contexto geológico associado às Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, mostrando características morfológicas, fisiográficas e estruturais que se configuram como fatores responsáveis pela baixa produtividade de seus poços.

A partir da interpretação dos caminhamentos elétricos (CE) verificamos de uma maneira geral, uma camada espessa de sedimentos pouco consolidados, geologicamente associada à unidade Coberturas Sedimentares Indiferenciadas, com espessura média de 40-60 metros, os quais se sobrepõem a litótipos do embasamento cristalino, o qual pode estar submetido à incidência de fraturas (linhas 01, 02 e 03). No contato entre as coberturas e as rochas duras, é sugestiva a presença de material intemperizado da própria rocha granítica.

Com base nisso, estimou-se que os pontos mais favoráveis para locação de poços seriam fraturas no cristalino preenchidas com água. A água captada nesses pontos sofreria uma menor influência de fontes de contaminação superficial e o poço poderia apresentar maiores vazões em relação àqueles que captam água da cobertura sedimentar. No Quadro 1 e na Figura 19 são apresentados os pontos favoráveis para perfuração de poços tubulares, com indicação da maior favorabilidade para água subterrânea.

Quadro 1. Coordenadas para perfuração de poços tubulares.

PONTOS	LINHA	LONGITUDE	LATITUDE
PT 01	04	302295	8852420
PT 02	04	302287	8852480
PT 03	04	302304	8852350
PT 04	02	302322	8853920
PT 05	02	302304	8854030
PT 06	02	302280	8854170

Os seis pontos indicados estão localizados nas linhas 2 e 4. Na linha 2 o embasamento se encontra a partir de 40 metros de profundidade e há claras discontinuidades. Essas discontinuidades podem estar associadas a presença de fraturas preenchidas com água, já que tem valores de resistividade menores do que a rocha sã. São, portanto, pontos indicativos para prospecção de água subterrânea. Na linha 4, apesar de não haver fortes evidências de embasamento fraturado como na Linha 2, a resistividade muito baixa do pacote sedimentar pode sugerir alteração maior do embasamento, o que seria sugestivo de zona fraturada. Nessa linha, o embasamento se encontra a cerca de 60 metros de profundidade, ou seja, o pacote sedimentar é relativamente mais espesso.

Além da contribuição associada à presença de fraturas abertas, capazes de acumular água subterrânea, deve ser considerada a possibilidade de aproveitamento de água contida na cobertura sedimentar indiferenciada, recobrando o substrato rochoso, apesar de que a indicação do ponto mais favorável não ser possível unicamente por levantamentos geofísicos devido à

similaridade das respostas geofísicas dos materiais subsuperficiais da área. Dados de poços tubulares identificados na região, tais como o perfil geológico e a vazão (exemplo: poço local com vazão de 4,65 m³/h), sugerem a possibilidade de aproveitamento da água subterrânea contida nesta cobertura, sobreposta as rocha cristalinas dominantes regionalmente.



Figura 19. Localização dos pontos sugeridos para perfuração de poços tubulares.

Os dados geofísicos obtidos na Linha 4 revelam uma espessa camada de baixa resistividade, situada em uma profundidade correspondente ao intervalo aproximado de 25 a 60 metros, com uma aparente continuidade, podendo ser interpretada como uma porção da cobertura sedimentar favorável a presença e circulação de água subterrânea. Essa interpretação torna o ponto situado mais a norte daqueles indicados na Linha 4, como um sítio interessante para a locação de poço. Além desta informação geofísica, o nível piezométrico desse ponto com valores mais baixos em relação aos demais pontos selecionados nesta mesma linha (mais a sul), aliado ao fato de estar mais

distante das rochas cristalinas aflorantes na região, confere uma maior relevância do ponto sugerido.

É recomendado, portanto, que sejam perfurados poços de 80 a 100 metros, priorizando o revestimento em trechos da cobertura sedimentar. Como sugestão de recurso hídrico para o abastecimento local, sugere-se a realização de uma análise da qualidade de água da pequena drenagem localizada nas imediações do sistema de abastecimento, considerando que a mesma pode servir como fonte alternativa de abastecimento.

Por fim, vale ressaltar que a eletrorresistividade, assim como a maioria das técnicas de geofísica de prospecção para águas subterrâneas, reduz o erro nas locações de poços, mas não é um método essencialmente assertivo. Portanto, as sugestões aqui apresentadas devem ser interpretadas como pontos favoráveis, onde há uma maior probabilidade, de acordo com as análises geofísicas e geológicas, de ocorrência de zonas fraturadas preenchidas com água no embasamento.

Uma técnica adicional utilizada em alguns estudos aponta a importância de execução de poços pioneiros, visando a descrição estratigráfica do material perfurado e sondagens de aferição, correlacionando-os posteriormente com dados obtidos da eletrorresistividade, possibilitando um maior acerto no cálculo da porosidade e permeabilidade do material geológico e das vazões possíveis, contudo sua execução implica em custos mais elevados.

Como comentário final, devem ser enfatizada as características do substrato geológico, constituído por uma cobertura sedimentar indiferenciada formada por sedimentos inconsolidados de natureza diversa (areia, argila, cascalho, concreções lateríticas, etc.), com espessura variável entre 25 a 60 metros, dispendo-se sobrejacente as rochas cristalinas do Complexo Nova Mamoré e Suíte Laje, fraturadas ou não. Quando essas rochas estiverem fraturadas, pode favorecer o acúmulo de água subterrânea, além de gerar material intemperizado no contato entre a cobertura e a rocha.

Considerando que o atual aproveitamento de água subterrânea em Nova Dimensão, ocorre preferencialmente nos sedimentos da cobertura inconsolidada, é razoável sugerir a captação desse manancial subterrâneo, com os cuidados necessários, embora sem representar, a princípio, vazões mais expressivas. Desta forma, recomenda-se buscar o aproveitamento

conjunto da água subterrânea contida na cobertura sedimentar (espessura não significativa) e nas fraturas das rochas cristalinas, ambas sem maiores vazões.

Ao considerar a população atual e projetada de Nova Dimensão, e a correspondente demanda necessária de água de boa qualidade para atendê-la e, por outro lado, os resultados obtidos com o levantamento geofísico sugerindo baixas vazões de água subterrânea, é razoável supor a necessidade de perfuração de mais de um poço. Recomendamos, ainda, uma avaliação da vazão do manancial de água superficial localizado nas proximidades da área urbana, com o intuito de sua utilização futura, caso represente a alternativa mais indicada.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EL-QADY, G. *et al.* Imaging subsurface cavities using geoelectric tomography and ground-penetrating radar. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 67, no. 3, p. 174–181, 2005.

FOSTER, S. 2012. Hard-rock aquifers in tropical regions: using science to inform development and management policy. *Hydrogeology Journal*. 20, 659–672. doi 10.1007/s10040-011-0828- 9.

FOX, R.C. *et al.* Topographic effects in resistivity and induced-polarization surveys. **Geophysics**, v.45, n. 1, p. 75-93, jan. 1980.

Geotomo Software. 2003.125 p. Disponível em <<http://www.geotomo.com>>. Acesso em: 26 de mar. 2013.

GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos–2ª ed.** Oficina de Textos, 2013.

LACHASSAGNE, P., WYNS, R., DEWANDEL, B. 2011. The fracture permeability of Hard Rock Aquifers is due neither to tectonics, nor to unloading, but to weathering processes. *Terra Nova*. 23(3), 145–161. doi 10.1111/j.1365-3121.2011.00998.x.

LOKE, M. H.; BARKER, R.D. Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. **Geophysical Prospecting**, v. 44, n. 3, p. 499-523, may. 1996.

LOKE, M. H. Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: a practical guide to 2-D and 3-D surveys. Austin, 2000. 61 p. Disponível em:< <http://www.geoelectrical.com>>. Acesso em: 25 de mar. 2013.

MORAIS, P.R.C. Mapa hidrogeológico do Estado de Rondônia. Texto explicativo, escala 1:1.000.000, Programa Recursos Hídricos, CPRM/ Porto Velho, 32p., 1998.

QUADROS, M. L. do E. S.; RIZZOTTO, G. J. (Orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia**: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000. Porto Velho: CPRM, 2007. 116 p. il. Programa Geologia do Brasil.

RIZZOTTO, G.J.; OLIVEIRA, J.G.F. de; QUADROS, M.L. do E.S.; CASTRO, J.M.R. de; CORDEIRO, A.V.; ADAMY, A.; DANTAS, M.E.; MELO JUNIOR, H.R. de. Projeto Rio Madeira. Estudo de viabilidade para implantação de usinas hidrelétricas no rio Madeira. Relatório AHE Jirau. Porto Velho: CPRM, 2005a. 1 CD-Rom.

SASAKI, Y. Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, v.40, n.4, p. 453-463, may. 1992

SCANDOLARA, J. Geologia e recursos minerais do estado de Rondônia. 1999.

SIAGAS, SISTEMA INTEGRADO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Banco de dados CPRM. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/>

TELFORD, W.M. *et al.* Applied geophysics. Cambridge university press, 1990.

WARD, S.H. Resistivity and induced polarization methods. In: WARD, S.H. (Ed.). **Geotechnical and environmental geophysics**. Tulsa: Society of Geophysicists, 1990. v.1, p. 147-190.