

# ESTUDO GEOFÍSICO DO DISTRITO DE JUÁ, MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA – CEARÁ, BRASIL

*Francisco Said Gonçalves<sup>1</sup>*

*Francisco de Assis Capistrano<sup>1</sup>*

*Gilein Steensma<sup>2</sup>*

*Richard Kellett<sup>2</sup>*

*Liano Silva Veríssimo<sup>3</sup>*

## RESUMO

Este trabalho trata das atividades desenvolvidas na região norte do estado do Ceará, para obtenção de parâmetros geofísicos, com a utilização dos métodos eletromagnético indutivo (EM34) e eletrorresistividade (ER). A área localiza-se a 160 km da cidade de Fortaleza, no distrito de Juá, município de Irauçuba, região norte do estado. A geologia é constituída por rochas do Pré-cambriano e pequenos depósitos aluviais. Foi realizado inicialmente uma fotointerpretação (fotografias aéreas), para a execução dos caminhamentos geofísicos, sendo selecionados 4 (quatro) perfis. O uso de dois métodos geofísicos teve como objetivo, correlacionar os resultados finais, determinando então as técnicas que melhor se aplicariam no fornecimento de informações das condições de subsolo, diminuindo a possibilidade de erros e de custos, e aumentando o sucesso na localização de zonas armazenadoras de água. Os resultados mostraram que o uso dos perfis EM34 com cabo de 20 m dipolo vertical e com cabo de 40 m dipolos vertical e horizontal, e que os perfis de eletrorresistividade, com AB=200 m ou menores (100 m) são eficientes na identificação de estruturas armazenadoras de água.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho trata das atividades desenvolvidas em de campo, no município de Irauçuba (Estado do Ceará), para obtenção de parâmetros geofísicos, com a utilização de métodos eletromagnético indutivo (EM34) e eletrorresistividade (ER).

Participaram geólogos das seguintes instituições: Geological Survey of Canada - GSC; Serviço Geológico do Brasil - CPRM; Komex International Ltd, Universidade Federal do Ceará - UFC, Superintendência de Obras Hidráulicas do Ceará – SOHIDRA, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME e Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH.

1) Geólogos da Superintendência de Obras Hidráulicas do Ceará - SOHIDRA - Fortaleza-CE/Brasil  
e-mail: sunking@secret.com.br

2) Geofísicos da Komex International Ltd. - Calgary, Alberta/Canadá

3) Geólogo do Serviço Geológico do Brasil - CRPM - Residência de Fortaleza-CE/Brasil

## 2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA

As atividades desenvolveram-se em uma pequena área (140 km<sup>2</sup>), inserida na Folha Irauçuba SA.24-Y-D-V, onde a CPRM de Fortaleza já executou um projeto de hidrogeologia. Localiza-se a 160 km de Fortaleza, no distrito de Juá, município de Irauçuba, região norte do estado do Ceará (Figura 1).

A geologia da Folha Irauçuba é constituída por rochas do Pré-cambriano e depósitos aluviais. No âmbito das rochas pré-cambrianas, a unidade mais antiga é formada por rochas metamórficas de alto grau, predominando gnaisses migmatizados, metabasitos. A unidade seguinte constitui uma seqüência supracrustal essencialmente paraderivada, correlacionável ao Complexo Ceará, composta por gnaisses, xistos, quartzitos e metacarbonatos. Intrusivos nas seqüências descritas anteriormente ocorrem corpos, de dimensões variadas, de rochas plutônicas granulares, deformadas ou não, de composição granodiorítica a granítica e diques básicos mesozóicos. Como representantes cenozóicos existem delgadas e esparsas coberturas sedimentares residuais e/ou transportadas, predominantemente areno-conglomeráticas, e depósitos aluvionares recentes.

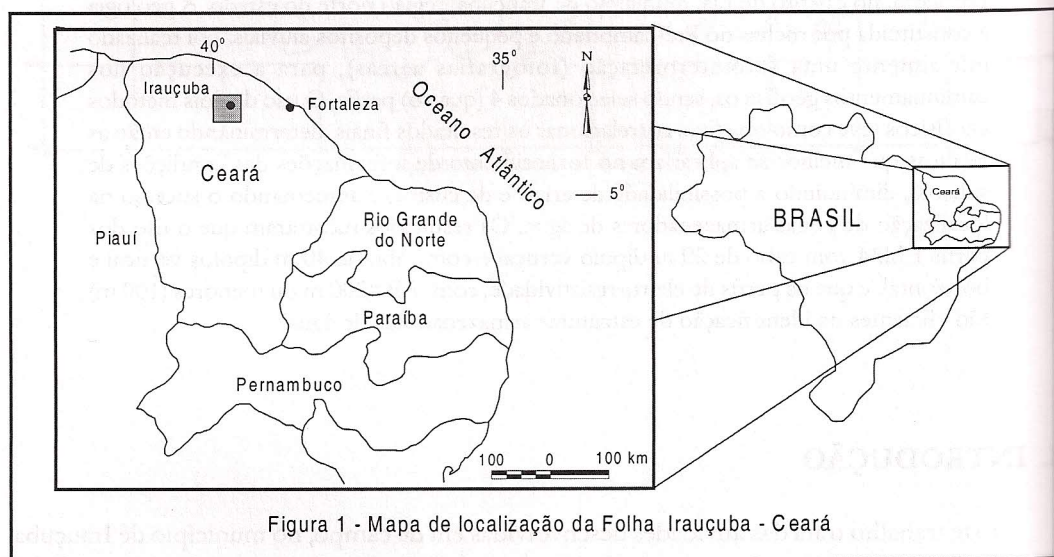


Figura 1 - Mapa de localização da Folha Irauçuba - Ceará

Hidrogeologia - por ser constituída de 90% de rochas cristalinas sem manto de alteração expressivo, a área de estudo, possui um baixo potencial hidrogeológico, tanto em termos quantitativos, como qualitativos. Caracteriza-se por um elevado índice de poços secos e/ou abandonados (71) e ainda com baixas vazões (média de 2,15 m<sup>3</sup>/h). A profundidade das entradas d'água nos poços oscila entre 5 e 60 metros e os poços têm, em média 61,0 m de profundidade. Apresenta restrições quanto ao uso da água existente, devido sua alta salinidade.

O distrito de Juá possui um sistema de abastecimento d'água para a população, atendido por 3 (três) poços profundos, com a utilização de cacimbas domiciliares para complementação. Atualmente, com o funcionamento de apenas 2 (dois) poços, a produção é de 170 m<sup>3</sup>/dia, insuficiente para atender à demanda local, já que sua população urbana é de 1.600 habitantes, com um consumo médio de 106 L/hab/dia. O terceiro poço está instalado com dessalinizador, aguardando apenas instalação do motor para entrar em funcionamento. As águas captadas apresentam teores elevados de cloreto e de sódio.

Objetivando escolher as melhores direções para realização dos caminhamentos geofísicos na área, foi realizada inicialmente uma fotointerpretação (fotografias aéreas), sendo selecionados 4 (quatro) perfis localizados ao norte de Juá e 1 (um) na localidade denominada Fumo (Figura 2).

A utilização dos dois métodos geofísicos, o eletromagnético indutivo – EM e o eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico, teve como objetivo correlacionar os resultados finais, determinando então as técnicas que melhor se aplicam no fornecimento de informações das condições de subsolo, diminuindo a possibilidade de erros e de custos, e aumentando o sucesso na localização de zonas armazenadoras de água.

### 3. DESCRIÇÃO DOS PERFIS

#### PERFIL 1 - COORDENADA UTM INICIAL: 403882 E 9570903 N

O Perfil 1 foi executado numa estrada secundária situada a 1,5 km ao norte de Juá, cruzando o campo de pouso, com direção de N80°E, perpendicular a uma zona fraturada observada na fotografia aérea. Foram utilizados os dois métodos: eletromagnético indutivo – EM e o ; eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico.

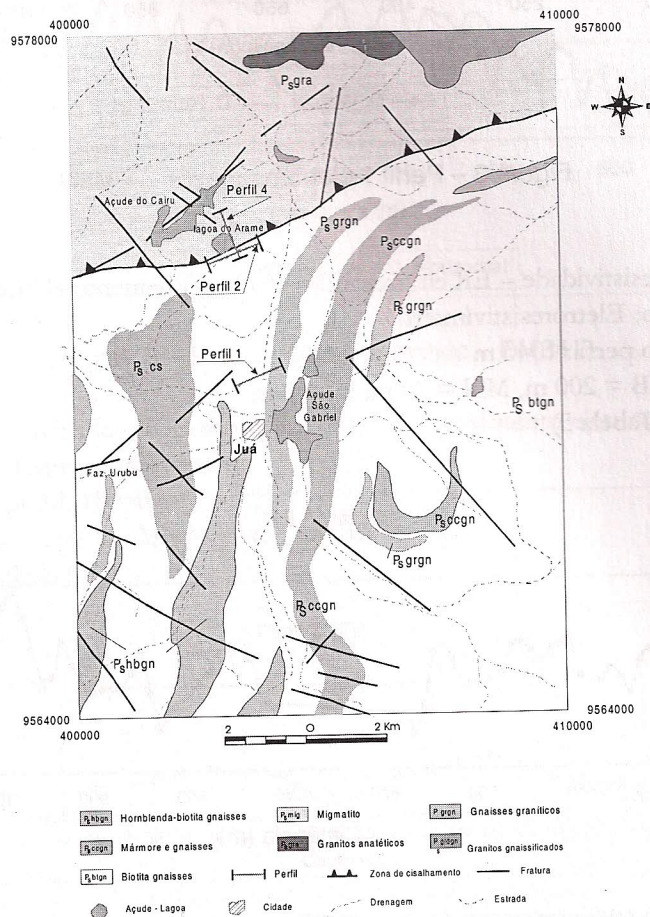


Figura 2 - Mapa geológico da área piloto, com detalhe dos perfis

Objetivando escolher as melhores direções para realização dos caminhamentos geofísicos na área, foi realizada inicialmente uma fotointerpretação (fotografias aéreas), sendo selecionados 4 (quatro) perfis localizados ao norte de Juá e 1 (um) na localidade denominada Fumo (Figura 2).

A utilização dos dois métodos geofísicos, o eletromagnético indutivo – EM e o eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico, teve como objetivo correlacionar os resultados finais, determinando então as técnicas que melhor se aplicam no fornecimento de informações das condições de subsolo, diminuindo a possibilidade de erros e de custos, e aumentando o sucesso na localização de zonas armazenadoras de água.

### 3. DESCRIÇÃO DOS PERFIS

#### PERFIL 1 - COORDENADA UTM INICIAL: 403882 E 9570903 N

O Perfil 1 foi executado numa estrada secundária situada a 1,5 km ao norte de Juá, cruzando o campo de pouso, com direção de N80°E, perpendicular a uma zona fraturada observada na fotografia aérea. Foram utilizados os dois métodos: eletromagnético indutivo – EM e o ; eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico.

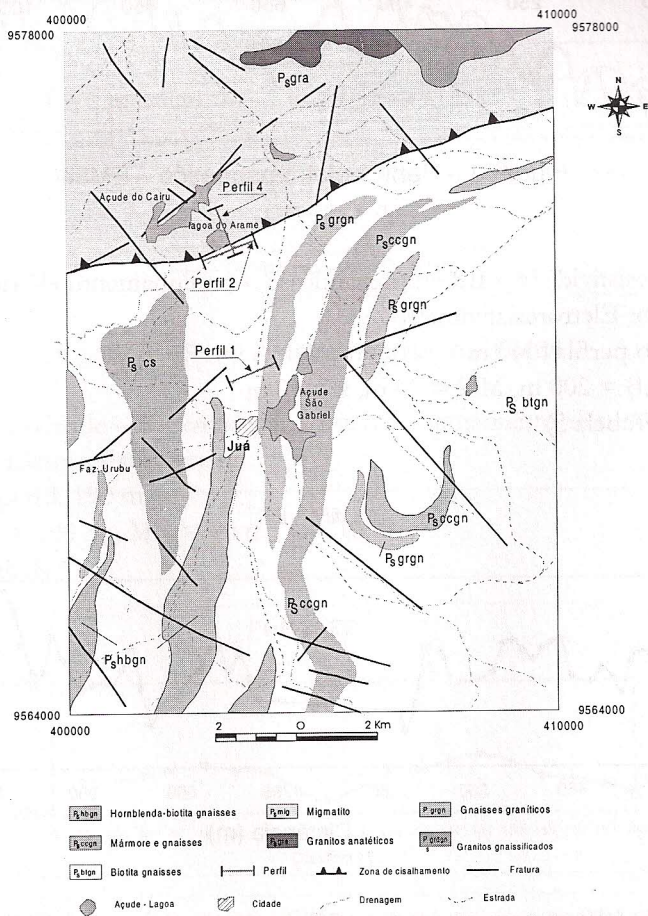


Figura 2 - Mapa geológico da área piloto, com detalhe dos perfis

a) Eletromagnético  
 Instrumento: Geonics EM34  
 Distância do perfil: 1.040 m  
 Abertura: 20 m e Step 10 m  
 (Figura 3 e Tabela 1)

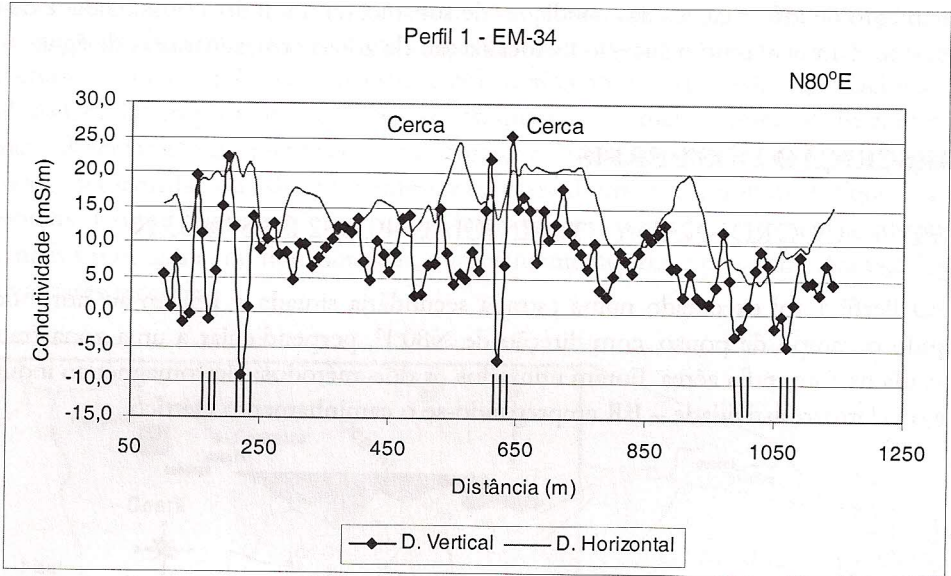


Figura 3 – Perfil 1 eletromagnético – EM34

b) Eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico  
 Instrumento: Eletroresistivímetro  
 Distância do perfil: 1040 m  
 Abertura: AB = 200 m, MN = 20 m, x = 10 m  
 (Figura 4 e Tabela 5)

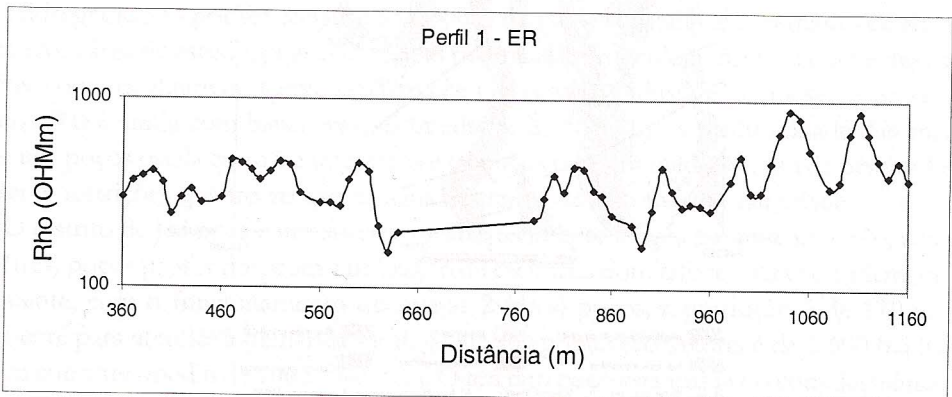


Figura 4 – Perfil 1 Eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico

## PERFIL 2 - COORDENADA UTM INICIAL: 403313 E 9573413 N

O Perfil 2 foi executado numa estrada secundária situada 4 km ao norte da localidade de Juá, distante 1 km a leste da fazenda Cairu, com direção  $70^\circ$  Az perpendicular a uma fratura observada na fotografia aérea. Foram utilizados dois métodos: eletromagnético indutivo – EM e eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico, com as seguintes características:

a) Eletromagnético

Instrumento: Geonics EM34

Distância do perfil: 650 m

Abertura: 20 m e Step 10 m

(Figura 5 e Tabela 2)

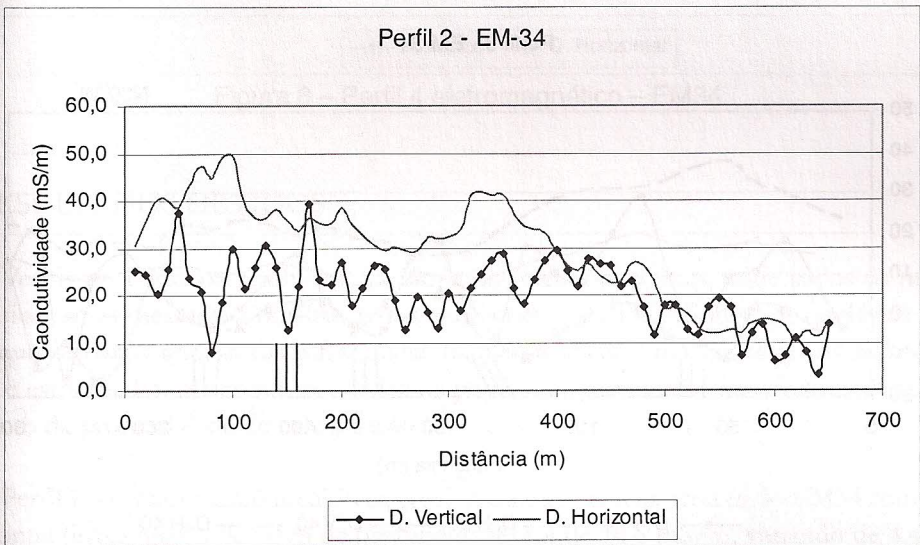


Figura 5 – Perfil 2 eletromagnético – EM34

b) Eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico

Instrumento: Eletroresistímetro

Distância do perfil: 190 m

Abertura:  $AB = 200$  m,  $MN = 20$  m,  $x = 10$  m

(Figura 6 e Tabela 6)

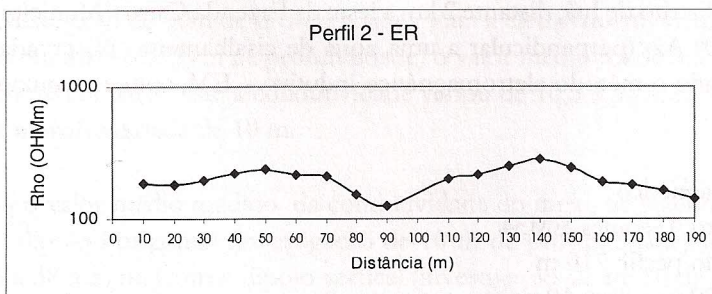


Figura 6 – Perfil 2 Eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico

## PERFIL 3 - COORDENADA UTM INICIAL: 397383 E 9586561 N

O Perfil 3 foi realizado na localidade denominada Fumo, distante 15 km a oeste do município de Irauçuba, com direção N 20°W. Foi utilizado o método eletromagnético indutivo – EM, com as seguintes características:

a) Eletromagnético

Instrumento: Geonics EM34

Distância do perfil: 300 m

Abertura: 20 m e Step 10 m

Abertura: 40 m e Step 20 m

(Figura 7 e Tabela 3)

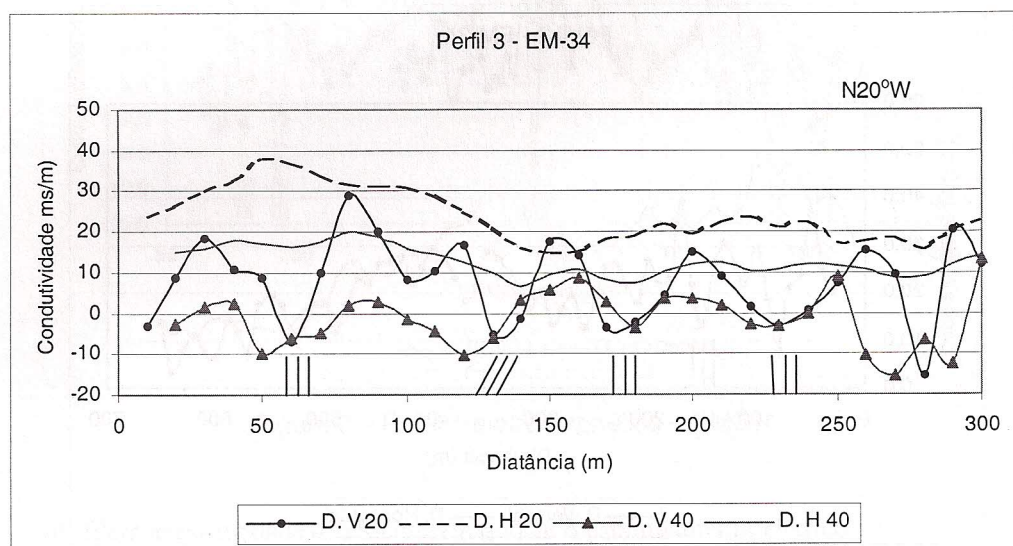


Figura 7 – Perfil 3 eletromagnético – EM34 com duas distâncias de abertura

## PERFIL 4 - COORDENADA UTM INICIAL: 403728 / 9573222

O Perfil 4 foi executado as margem da Lagoa do Arame - estrada secundária situada a 4 km ao norte do distrito de Juá, distante 2 km a leste da Fazenda Cairu - Município de Irauçuba, com direção 340° Az. (perpendicular a uma zona de cisalhamento observada na fotografia aérea.) Foi utilizado o método eletromagnético indutivo – EM, com as seguintes características:

a) Eletromagnético

Instrumento: Geonics EM34

Distância do perfil: 710 m

Abertura: 20 m e Step 10 m

(Figura 8 e Tabela 4)

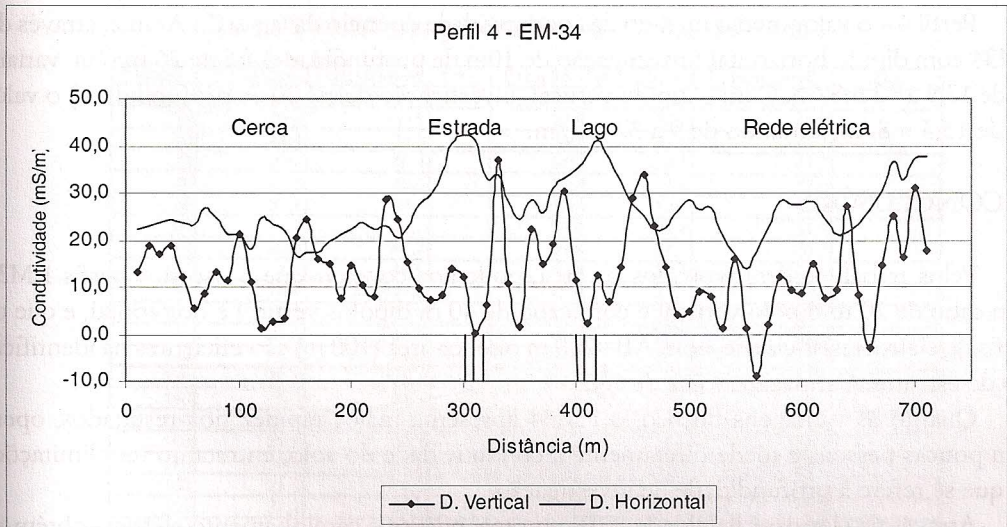


Figura 8 – Perfil 4 eletromagnético – EM34

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

Verificou-se que os resultados foram relativamente coerentes, onde todos os métodos identificaram as mesmas anomalias. Essas anomalias estão identificadas nos gráficos através de pequenas barras para as zonas fraturadas, bem como as ocorrências de cercas, rede elétrica, lagoa e estradas. Foi observada em todos os perfis uma diminuição da condutividade com o aumento da profundidade de investigação.

Perfil 1 – o valor médio medido da condutividade do meio, através do EM34 com dipolo horizontal (investigação de 10 m de profundidade) foi de 14,6 mS/m, variando de 4,4 a 24,3 mS/m. Com o dipolo vertical (investigação de 30 m de profundidade) o valor foi de 7,7 mS/m, variando de 1 a 25,5 mS/m. Para a eletrorresistividade, com  $AB=200$  m (investigação em torno de 50 m de profundidade) o valor médio foi de 2,6 mS/m, variando de 1 a 6,5 mS/m.

Perfil 2 – foi observada uma variação no valor da condutividade diminuindo no sentido W–E. Isso pode ser atribuído ao fato deste perfil ter sido realizado em uma estrada que era aterrada em sua parte oeste. O valor médio medido da condutividade nesse setor, através do EM34 com dipolo horizontal, foi de 37,1 mS/m (investigação de 10 m de profundidade) e 22,7 mS/m (investigação de 30 m de profundidade). Para a eletrorresistividade, com  $AB=200$  m (investigação em torno de 50 m de profundidade) o valor médio foi de 5,3 mS/m, variando de 3,6 a 7,9 mS/m. Na parte leste a condutividade variou de 10,3 a 37 mS/m, com média de 20,3 mS/m até a profundidade de 10 m.

Perfil 3 – o valor médio medido da condutividade do meio, na fazenda Fumo, através do EM34 com dipolo horizontal (investigação de 10 m de profundidade) foi de 24 mS/m, variando de 15 a 38 mS/m. Com o dipolo vertical (investigação de até 30 de profundidade) o valor foi de 9,5 mS/m, variando de 0,6 a 29 mS/m. Com o EM34 cabo de 40 m dipolo vertical os valores de condutividade ficam próximo a zero.



Perfil 4 – o valor médio medido da condutividade do meio da lagoa do Arame, através do EM34 com dipolo horizontal (investigação de 10m de profundidade) foi de 26 mS/m, variando de 13,9 a 42 mS/m. Com o dipolo vertical (investigação de até 30 de profundidade) o valor foi de 13,3 mS/m, variando de 9 a 37 mS/m.

#### 4. CONCLUSÕES

Pelos trabalhos desenvolvidos na área, podemos concluir que o uso dos perfis EM34 com cabo de 20 m dipolo vertical e com cabo de 40 m dipolos vertical e horizontal, e que os perfis de eletrorresistividade, com AB=200 m ou menores (100 m) são eficientes na identificação de estruturas armazenadoras de água.

Quanto às vantagens do uso, o EM34 apresenta maior rapidez nos resultados, opera com poucas pessoas e mede diretamente a condutividade do solo, entretanto tem limitações no que se refere à profundidade de investigação.

Através da eletrorresistividade – ER empregando-se o caminhamento elétrico, obtém-se uma maior penetração de investigação, entretanto as condições laterais têm que ser relativamente homogêneas e sua interpretação quantitativa requer o uso de curvas padrão. O contato físico dos eletrodos com o solo representa outro fator limitante do método.

Tabela 1 - Eletromagnético EM34 - Dados do Perfil 1

Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal	Obs.	Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal	Obs.
100	5,4	15,5		620	6,70	13,50	
110	0,9	15,9		630	6,80	16,70	
120	7,6	16,7		640	25,50	20,43	
130	-1,4	12,8		650	14,90	19,85	
140	0,1	11,4		660	16,60	21,48	
150	19,5	17,1		670	14,80	20,60	
160	11,4	19,0		680	7,40	20,90	
170	1,0	15,9		690	14,80	20,40	
180	5,9	20,1		700	10,80	20,20	
190	15,1	19,4		710	12,70	20,23	Cerca de arame
200	22,2	20,2		720	17,90	20,80	
210	12,2	22,7		730	11,80	20,80	
220	8,8	19,4		740	10,00	20,53	
230	0,6	21,4		750	8,60	21,00	
240	13,8	20,5		760	6,34	18,00	
250	9,0	12,2		770	10,00	17,40	
260	10,6	10,2		780	3,60	14,70	
270	12,8	10,5		790	2,50	10,73	
280	8,3	10,8		800	5,55	9,50	
290	6,5	15,3		810	8,80	7,95	
300	4,8	17,7		820	7,60	7,90	
310	9,7	17,7		830	6,80	8,30	
320	9,7	17,2		840	8,80	9,50	
330	6,7	16,6		850	11,50	9,90	
340	7,8	16,3		860	10,45	11,00	
340	9,2	14,5		870	11,60	12,80	
360	10,6	12,5		880	12,70	14,34	
370	12,2	11,4		890	6,60	15,05	
380	12,2	12,6		900	6,60	18,30	
390	11,4	12,3		910	2,50	19,30	
400	13,5	13,8		920	5,80	18,80	
410	7,4	13,4		930	2,40	16,85	
420	4,6	14,4		940	1,73	14,75	
430	10,2	18,2		950	1,50	9,80	
440	8,4	16,0		960	3,93	8,50	
450	5,8	15,3		970	11,80	7,60	
460	8,5	14,7		980	5,00	8,00	
470	13,5	11,8		990	-3,20	8,80	
480	14,0	11,1		1000	-4,80	6,30	
490	2,5	12,3		1010	1,30	4,70	
500	2,8	13,8		1020	6,30	4,83	
510	6,90	15,53		1030	9,18	4,40	
520	7,20	12,90		1040	7,10	5,90	
530	14,90	18,98		1050	-1,78	8,88	
540	8,70	19,20		1060	-0,28	9,30	
550	4,23	22,50		1070	-4,43	8,30	
560	5,70	24,38		1080	1,50	8,90	
570	4,88	20,90		1090	0,38	9,70	
580	8,85	18,13		1100	4,40	9,20	
590	6,20	15,85		1110	4,80	10,70	
600	14,70	16,08		1120	3,10	12,90	
610	21,90	17,20		1130	7,03	13,60	

Tabela 2 - Eletromagnético EM34 - Dados do Perfil 2

Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal (Condutividade mS/m)	Obs.	Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal (Condutividade mS/m)	Obs.
10	25,2	30,6		330	24,4	41,9	
20	24,4	34,6		340	27,1	41,1	
30	20,2	40,4		340	28,6	41,2	
40	25,3	40,0		360	21,4	37,0	
50	37,4	38,7		370	18,3	34,7	
60	23,7	43,2		380	23,4	34,0	
70	20,8	47,2		390	27,2	33,2	
80	8,1	44,6		400	29,4	28,9	
90	18,7	49,2		410	25,2	26,0	
100	30,0	49,4		420	21,9	25,3	
110	21,5	39,3		430	27,7	26,4	
120	25,7	36,5		440	26,7	24,0	
130	30,7	36,5		450	26,1	22,6	
140	25,8	38,3		460	21,8	22,9	
150	12,8	34,7		470	23,0	26,7	
160	21,7	33,3		480	17,3	26,1	
170	39,5	36,5		490	11,7	23,0	
180	23,3	34,3		500	17,8	17,6	
190	22,2	34,1		510	17,7	17,3	
200	26,8	38,6		520	12,6	16,1	
210	17,7	34,9		530	11,5	13,2	
220	21,5	32,9		540	17,6	12,0	
230	26,0	30,7		550	19,2	12,0	
240	25,5	29,6		560	17,3	12,7	
250	19,0	30,3		570	7,2	11,9	
260	12,6	29,4		580	12,0	14,3	
270	19,8	29,6		590	13,8	15,0	
280	16,2	32,4		600	6,1	14,6	
290	13,0	32,1		610	7,2	13,4	
300	20,4	32,5		620	11,0	10,3	
310	16,6	34,0		630	8,0	12,3	
320	21,4	41,1		640	3,1	11,4	
				650	13,8	14,6	

Tabela 3 - Eletromagnético EM34 - Dados do Perfil 3

Estação (m)	D. Vertical (20m) (Condutividade mS/m)	D. Horizontal (20m) (Condutividade mS/m)	D. Vertical (40m) (Condutividade mS/m)	D. Horizontal (40m) (Condutividade mS/m)	Obs.
10	-3	24			Cerca
20	8,6	26,25	-2,55		15
30	18,3	30,075	1,5		15,8
40	10,725	32,65	2,25		17,8
50	8,8	38,1	-10		17,05
60	-6,824	36,8	-6,125		16,375
70	10	33,925	-4,8		17,55
80	29	31,925	2		20,2
90	19,925	31,3	2,9		18,6
100	8,05	31,225	-1,4		16,05
110	10,2	29,125	-4,4		14,6
120	16,5	25,2	-10,425		12,6
130	-5,3	20,975	-6,175		9,775
140	-1,575	16,34	3,25		6,775
150	17,325	15,025	5,7		9,5
160	14,3	15,3	8,875		10,675
170	-3,474	18,475	2,75		8,34
180	-2,2	19,025	-3,5		7,325
190	4,3	22,3	3,675		10,2
200	14,9	19,5	3,6		12,025
210	8,9	22,65	2,075		12,5
220	1,4	24,025	-2,825		10,475
230	-3,2	21,525	-3,025		10,7
240	0,6	22,6	-0,324		11,9
250	7,4	17,55	9,025		11,675
260	15,45	17,925	-10,399		10,8
270	9,325	18,7	-15,425		8,5
280	-15,274	15,975	-6,3		8,925 Fio elétrico
290	20,6	20,375	-12,575		12,05
300	11,95	23,125	13,275		14

Tabela 4 - Eletromagnético EM34 - Dados do Perfil 4

Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal	Obs.	Estação (m)	D. Vertical (Condutividade mS/m)	D. Horizontal	Obs.
10	13,3	22,4		360	22,2	28,6	
20	18,6	23,1		370	14,9	25,8	
30	16,9	23,6		380	19,1	31,0	
40	18,9	24,3		390	30,3	33,2	
50	12,1	23,8		400	11,5	34,8	
60	5,4	23,4		410	2,5	38,1	
70	8,7	26,8		420	12,5	41,2	
80	13,2	24,8		430	6,8	37,4	
90	11,4	21,3		440	14,3	32,6	
100	21,3	21,2		450	29,0	27,4	
110	10,9	18,1		460	33,7	24,9	
120	1,1	24,8		470	23,1	22,2	
130	2,5	23,2		480	14,1	22,6	
140	3,2	21,9		490	4,1	26,1	
150	20,7	16,6	Veio Quartzo	500	4,8	28,6	
160	24,3	17,5		510	8,9	26,6	
170	15,9	17,3		520	7,7	26,9	
180	14,9	20,0		530	1,1	20,8	
190	7,4	21,4		540	15,9	17,1	
200	14,5	22,3		550	1,4	13,9	Fio elétrico
210	10,4	23,7		560	-9,1	17,2	
220	7,8	22,3		570	2,0	22,7	
230	28,6	22,9		580	12,1	28,2	
240	24,3	20,4		590	9,3	27,7	
250	15,2	22,8		600	8,5	27,5	
260	9,6	27,6		610	14,8	28,3	
270	7,1	29,6		620	7,4	24,5	
280	8,2	34,6		630	9,2	21,1	
290	13,9	40,5		640	27,4	21,6	
300	12,0	42,2		650	8,2	23,2	
310	0,2	41,2		660	-2,9	28,5	
320	6,3	33,0		670	14,7	30,3	
330	37,0	34,0		680	25,0	36,8	
340	10,7	28,3		690	18,3	32,8	
340	1,6	24,3		700	31,0	37,4	
				710	17,6	37,6	

Tabela 5 - Eletrorresistividade - Dados do Perfil 1

X (m)	Rho	X (m)	Rho	X (m)	Rho
360	298,3	590	369,4	940	281,6
370	363,6	600	451	950	275,6
380	384,7	610	414,7	960	261
390	414,7	620	213	980	372,9
400	357,7	630	152,5	990	504,3
410	241,3	640	195,8	1000	322,9
420	295,4	780	228,4	1010	324,2
430	328,4	790	299,1	1020	466,5
440	279,7	800	391,6	1030	663,5
460	298,3	810	324,2	1040	893
470	469,2	820	435,4	1050	797,6
480	453,4	830	429,8	1060	550
490	422,2	840	329,7	1080	344,9
500	373,2	850	310,8	1090	375,3
510	407,1	860	242,4	1100	673,2
520	467,1	880	214,4	1110	874,6
530	445,7	890	164,2	1120	668,7
540	316,9	900	261	1130	482,5
560	279,7	910	437,3	1140	398,4
570	281,5	920	326,6	1150	469,2
580	267,9	930	271,4	1160	382,2

Tabela 6 - Eletrorresistividade - Dados do Perfil 2

X (m)	Rho	X (m)	Rho
10	186,4	110	200,4
20	181,8	120	211,1
30	192,3	130	247,3
40	218,6	140	279
50	233,3	150	241
60	215,6	160	188,5
70	206,1	170	178,5
80	152,5	180	164,2
90	125,8	190	139,8