

APLICAÇÃO DE GEOFÍSICA ELÉTRICA E TRATAMENTO DE IMAGENS DE AEROFOTOS EM PROSPECÇÃO HIDROGEOLÓGICA NA FAZENDA RETIRO DO MEIO EM BRASÍLIA

Roberto Naime¹; Márcio Klein² & Regis Alexandre Lahm³

Resumo - O presente trabalho apresenta uma metodologia integrada entre interpretação aerofotogeológica executada através de estereoscopia e tratamento digital da imagem da aerofoto no software Idrisi for windows, com ensaios geofísicos de campo utilizando métodos geoeletricos por corrente contínua em arranjos de caminhamentos elétricos duplo dipolo-dipolo. O trabalho foi realizado na Fazenda Retiro do Meio na cidade de Brasília, Distrito Federal, possibilitando a identificação das estruturas mais favoráveis para captação de águas subterrâneas. A descrição da metodologia empregada e dos resultados obtidos integram a presente nota.

Palavras-chave - Geofísica elétrica, tratamento de imagens, locação de poço

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho descreve as atividades de prospecção hidrogeológica realizados na área da Fonte de Água Mineral existente na Fazenda Retiro do Meio, em Brasília.

Foram realizadas interpretações de aerofotos através de estereoscopia e também através de tratamento digital de imagens, utilizando o software Idrisi for windows objetivando um refinamento da interpretação estrutural da área.

¹ Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil, FENG, PUCRS.- Professor Assistente do Departamento de Engenharia Civil, FEAR, UPF. - Diretor Técnico da Geosf Ltda. - Av. Ipiranga 6681, prédio 30, sala 275. Email: rnaime@cpovo.net

² Geólogo Consultor, Mestre em Sensoriamento Remoto. - Email: rnaime@cpovo.net - Fone: 0XX51-9984 6462

No campo, além das interpretações geológicas e hidrogeológicas foram executados trabalhos de prospecção hidrogeológica através de eletroresistividade (geofísica elétrica por corrente contínua) com o emprego de metodologias de caminhamento elétrico duplo dipolo-dipolo, adequadas para determinação de fraturamentos verticais e estruturas de captação e armazenamento de águas subterrâneas.

A descrição das metodologias utilizadas, dos resultados obtidos e das conseqüentes conclusões e recomendações são o objeto do presente trabalho.

GEOLOGIA

A geologia da área é constituída por rochas metamórficas de grau muito baixo (Fácies xistos-verdes) a baixo, expressas pela ocorrência de metamorfitos de baixo grau, principalmente quartzitos, meta-ritmitos, filitos e demais litologias associadas.

As rochas de baixo grau apresentam-se com estruturas planares próprias de deformações metamórficas, do tipo xistosidades e lineações, além de estruturas penetrativas decorrentes de eventos derivados de dobramentos e fraturamentos axiais e em planos associados.

O relevo local expressa a geologia, com nítida textura fina a média registrada nas aerofotos, e padrão de drenagem com textura pinada de densidade média-alta.

Em campo, as feições geomorfológicas representam as dobras e suas estruturas associadas, com relevos intercalando pequenos planaltos recortados por declives acentuados e curtos decorrentes de exposição de flancos de dobras, observados também nas aerofotos.

Em decorrência disto, a tectônica rúptil ou rígida tem continuidade limitada, feição típica neste tipo de geologia, dificultado a captação de águas subterrâneas de grandes estruturas de falha contínuas, não observadas na região.

GEOFÍSICA

Foram executadas para investigação no local Caminhamentos Elétricos Duplo Dipolo-Dipolo por corrente contínua.

Na eletroresistividade, método de prospecção geofísica, injeta-se um corrente elétrica "I" (medida em miliampères) no terreno através de 2 eletrodos, denominados por convenção de A e B, dispostos paralelamente, e se mede a diferença de potencial "V"

³ Professor Assistente do Departamento de Geografia, FFCH - PUCRS. - Av. Ipiranga 6681, prédio 05, sala

(medida em milivolts), produzida no terreno pela passagem da corrente em outros dois pontos, por convenção denominados M e N, também alinhados aos dois primeiros já citados. O resultado é uma medida de resistividade aparente da região do terreno penetrada.

O distanciamento sucessivo do par A e B produz um aumento da penetração de corrente no terreno, e, portanto, na profundidade de investigação. Sob o ponto de vista teórico este aumento de profundidade é rigorosamente verdadeiro em meio homogêneo.

A resistividade medida é proporcional à fração V/I , onde V é a diferença de potencial e I a intensidade de corrente. Esta fração V/I , pela Lei de Ohm, equivale à resistência ôhmica, para os casos em que é constante (meio homogêneo e isotrópico). O produto desta fração por uma constante K função do espaçamento e disposição entre os 4 eletrodos, resulta no valor de resistividade aparente procurada (ORELLANA, 1972).

Na medida em que os materiais rochosos são isolantes elétricos, a maior ou menor resistividade aparente calculada a partir das medições de campo representa a umidade presente no interior da rocha e responsável pela condutividade elétrica existente. Assim espera-se de terrenos com elevada resistividade elétrica pequena presença de umidade ou água e de terrenos com baixa resistividade elétrica maior presença de umidade ou água. Como é medida apenas a condutibilidade ou seu oposto, a resistividade, o método é qualitativo não podendo oferecer projeções sobre quantidade de umidade ou vazões.

As interpretações tem por base não apenas os valores absolutos de resistividade aparente calculados, mas também as diferenças de "background" (ou base) encontrados numa determinada área entre os setores de maior resistividade aparente ou menos favoráveis à presença de água e os setores de menor resistividade aparente ou mais propícios à presença ou fluxos de fluidos (KOEFOED, 1979).

O método do Caminhamento Elétrico Duplo Dipolo-Dipolo consiste na colocação dos eletrodos de corrente (A e B) e de potencial (M e N) ao longo de uma linha, com leituras sendo feitas para grupos de mesma posição de A e B e várias posições de M e N .

A distância interna AB e MN é fixa, variando-se a posição relativa dos eletrodos de potencial em relação aos eletrodos de corrente. Desta forma é necessário o uso de uma linha base com pontos equiespaçados, materializados no terreno. Para cada posição de AB realizam-se 4 leituras equivalentes a 4 posições diferentes e em sequência dos

eletrodos **MN**, que correspondem a 4 níveis sucessivos de aumento de profundidade de investigação.

		A	B	M	N				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20m	Leitura para AB na posição 3 e 4				MN em posição 5 e 6				

		A	B		M	N			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20m	Leitura para AB na posição 3 e 4				MN em posição 6 e 7				

O esquema anterior mostra a sequência de duas leituras para a posição AB nos pontos 3 e 4. A primeira leitura mostra MN em 5 e 6. A segunda leitura mostra MN em 6 e 7. A terceira leitura para esta posição de AB foi feita com MN em 7 e 8 e a quarta leitura com MN em 8 e 9. Após esta leitura, ocorre o avanço dos eletrodos AB da posição 3 e 4 para a posição 4 e 5, repetindo-se o processo de leituras com novas quatro posições para MN. Desta forma são obtidos 4 valores de resistividade aparente, com influência de todo o pacote de terreno investigado, proporcionando a confecção de uma seção geométrica transversal do terreno, com 4 níveis de valores. Com o espaçamento de 20m utilizado estima-se em 50m a profundidade de terreno investigada.

Os valores de resistividade indicam a influência do terreno desde a superfície, sendo dois os fatores que controlam estes valores: a espessura da cobertura e o nível de fraturamento associado ao maciço rochoso subjacente. Estes dois fatores são cumulativos e podem ser diferenciados na observação do comportamento dos 4 níveis de resistividade determinados.

Os caminhamentos elétricos são um método qualitativo onde as resistividades aparentes obtidas tem sua posição horizontal aproximada determinada para a seção equidistante entre os centros geométricos de AB e MN, plotados a 45° de inclinação em relação à linha de superfície que representa o “datum”. A escala horizontal é verdadeira, mas a escala vertical pode sofrer pequenas variações em função das influências do terreno descritas no parágrafo anterior.

A análise paramétrica dos dados:

- com os poços existentes;
- com o “background” regional;
- e com as oscilações entre as médias de resistividade aparente laterais;

permitem obter conclusões apropriadas sobre as diferenças dos materiais em subsuperfície.

EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados apresentam as seguintes especificações:

- uma fonte de alta tensão marca IBRACON com 880 volts acoplada a miliamperímetro com 3 escalas de leitura (0 a 20ma; 0 a 200ma e 0 a 500ma);
- um milivoltímetro marca IBRACON com precisão de leitura até 0,1mv.;
- uma bateria de 12 volts;
- eletrodos de corrente e de potencial;
- carretéis de fios e demais equipamentos acessórios.

TRATAMENTO DE IMAGENS

As fotos obtidas pelos sensores fotográficos com filme pancromático, são formadas por tons de cinza (ou em preto e branco) no formato analógico. Para processarmos as informações contidas nestas fotografias, pelo método automático, é necessário a conversão para o formato digital, pelo processo de “*scannerização*”.

As imagens assim obtidas vão ser formadas por um conjunto de *bytes*, e, como cada byte é formado por 8 *bits*, e 1 *bit* somente pode assumir forma binária: 0 e 1 em um sistema informatizado, resulta que dessa forma, cada imagem possibilita 2⁸ ou 256 tons de cinza.

No nosso caso, usamos uma aerofoto digitalizada, com a população de “*pixels*”, assumindo a intensidade radiométrica entre 0 e 255 níveis ou tons de cinza.

Em um histograma que represente a distribuição estatística de uma população de “*pixels*” tendo na linha horizontal o atributo radiométrico com 256 níveis, e na linha vertical, a freqüência de repetição do “*pixel*”, podemos visualizar o comportamento desta distribuição e inferir sobre os tipos de alvos presentes na imagem.

Entretanto, no intervalo espectral do visível, a distribuição dos “*pixels*” tem uma aproximação para os valores escuros, se concentrando nos níveis de cinza mais baixos, devido a diferentes fatores. Assim, o começo do tratamento digital das imagens deve ser o “*stretching*”, como forma de tornar mais visíveis os alvos, ou seja, mais realçados ao olho humano.

O “*stretching*” ou “espichamento” significa ampliar linearmente os níveis de cinza contidos na imagem fazendo com que o menor adote o valor de zero e o maior adote o valor máximo de 255.

O procedimento do “*software*” é alterar a equação da reta inicial, que começa num determinado nível de cinza, para o nível inicial, de 0 (zero) e alterar o nível de cinza final desde o valor em que se encontra para 255.

O resultado é uma “abertura” do histograma da imagem, ressaltando a diferença entre os alvos.

Sobre a imagem “*scannerizada*” e realçada, foi utilizada a técnica de filtragem direcional para ressaltar a identificação de estruturas lineares que refletem a existência de falhas e/ou fraturas geológicas no terreno.

Esta técnica representa um realce, sobre aspectos das imagens que se deseja analisar, através de uma operação de convolução na qual se substituem os valores digitais do “*pixel*” original, com os valores resultantes da operação elementar executada sobre este “*pixel*” e ao seu redor, através da passagem de um filtro.

O filtro direcional é um tipo especial de passa-altas, que representa uma combinação de filtragem passa-altas e limiarização de níveis de cinza, realçando bordas em direções pré-determinadas.

Esses filtros possuem seus pesos distribuídos assimetricamente ao redor de um eixo hipotético. Assim direções a serem realçadas são perpendiculares à esse eixo hipotético, sendo que o realce se dá num intervalo de 45° para ambos os lados em relação à direção de realce (CRÓSTA, 1993).

Os filtros unidirecionais ressaltam feições em uma direção preferencial, utilizando um máscara de pesos diferenciados, com valores indicativos da posição do “*pixel*” em relação à direção considerada. Os filtros multidirecionais, por sua vez, realçam bordas em todas as direções, não omitindo feições lineares que poderiam ser importantes.

APLICAÇÕES

Foram executados estudos estruturais da área através de aerofotointerpretação clássica, com o uso de estereoscópio de espelho, e posterior refinamento desta interpretação com o tratamento digital da imagem da aerofoto, com o traçado das principais estruturas visíveis, diretamente na tela do monitor de vídeo e aplicação de técnicas de filtragem direcional, no *software* Idrisi for Windows, com o emprego da rotina FILTER.

Os resultados do tratamento digital são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Na figura 1, a imagem permite a identificação das linhas de drenagens, talwegues, sulcos de erosão e feições lineares sobre as litologias que compõem o substrato, indicando a presença de lineamentos geológicos.

Na figura 2, é nítida a detecção de bordas de alta freqüência, ressaltando as rodovias, padrões de arado do solo, cercas e outras feições lineares, que não correspondem a estruturas geológicas. Assim, a interpretação deve ser feita com a correlação com as imagens originais e trabalhos de campo.

Com base nos resultados obtidos foram locadas linhas para execução de caminhamentos duplo dipolo-dipolo na área da Fonte Mineral, para identificação da presença de estruturas favoráveis e de sua extensão e tamanho.

Na linha 1 apresentada na Figura 3 em anexo, foram feitas medidas determinando a localização e a amplitude da zona de fraturamento existente paralela à estrada, à jusante da Fonte de Água Mineral.

Na linha 2 foi medida a variação existente entre a área da Estrada, e a Fonte de Água Mineral. A linha 2 está apresentada na Figura 4.

A linha 3 foi realizada transversal à Fonte de Água Mineral, atingindo profundidade de investigação superior a 100m, e está apresentada na Figura 5, em anexo.

RESULTADOS

A análise da secção geolétrica da Figura 3 mostra que existe uma zona favorável para a captação de águas subterrâneas, assinalada na área do riacho.

A análise das secções geolétricas das Figuras 4 e 5, indicam valores de resistividade aparente muito elevados e sem variação lateral, que portanto não indicam zonas favoráveis para a abertura de poços tubulares para captação de águas.

Na Figura 5, abaixo da área da fonte, ocorre uma área muito estreita favorável, mas não se recomenda a abertura de poços no local, porque a fonte pode secar.

O esboço estrutural da área (Fig.6), mostra uma bem definida zona de fraturas na área, que pode favorecer a captação em poços tubulares profundos se for o caso. Mas este sistema de fraturamento também pode atuar como aquifugo. Por isso, no caso de abertura de poços, recomenda-se estrito acompanhamento da abertura do poço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRÓSTA, A. P. 1993. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Ed. rev. Campinas, SP. IG/UNICAMP, 170 p.
- KOEFOD, O. 1979. Resistivity Sounding Measurements. In: Geosounding Principles, 1. Netherlands, Elsevier Scientific Publishing Company, 276 pp.
- ORELLANA, E. 1972. Prospeccion Geoelectrica en Corriente Continua. Madrid, Editorial Paraninfo, 523 pp.



Figura 1. Aerofoto com traços de falhas e fraturas digitalizadas no software Idrisi for Windows.

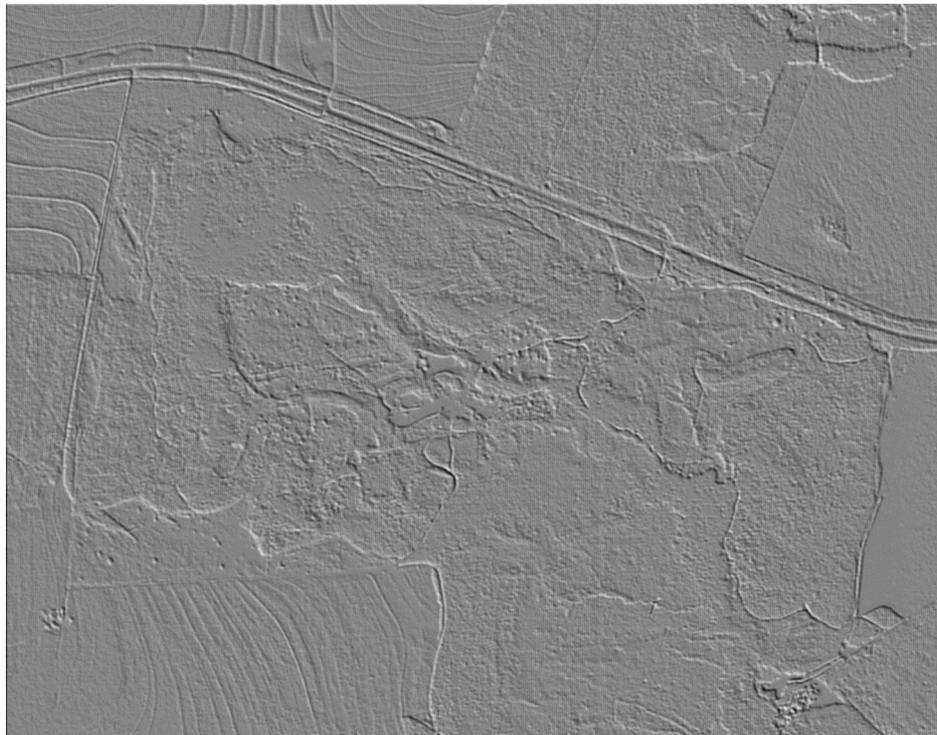


Figura 2. Imagem da aerofoto com aplicação de filtragem direcional.

SEÇÃO GEOELÉTRICA

LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO - BRASÍLIA
Linha 1

	↓RIACHO				↓ÁRVORE										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
Profundidade m	Espaçamento 20m														
10															
20		*239	*186	*197	*252	*298	*417	8275							
30		*772	*890	*1983	*1350	*2023	*1808								
40			*923	*1718	*1890	*3768	*2260								
50		*876	*1074	*2623	*3923	*2976									
60			*784	*1186	*3976	*3118									

GEOF	ESCALA: Indicada
LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO – BRASÍLIA	DATA: 09/98
Seção: Geométrica	FIGURA: 3
Resistividade: Ohm.m	

SEÇÃO GEOELÉTRICA

LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO - BRASÍLIA
Linha 2

↓CANTO DE CERCA

8			7			6			5			4			3			2		1	
Profundidade m																				Espaçamento 30m	
30						*295			*362			*290			*512						
					*1285			*1522			*1370			*980							
60					*2187			*2814			*3618										
								*2364			*3429										
90					*3754			*3223													
120																					

GEOSF	ESCALA: Indicada
LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO – BRASÍLIA	DATA: 09/98
Seção: Geométrica	FIGURA: 4
Resistividade: Ohm.m	

SEÇÃO GEOELÉTRICA

LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO - BRASÍLIA
Linha 3

↓ FONTE

8			7			6			5			4			3		2		1		
Profundidade m																			Espaçamento 30 m		
30						*348			*187						*226		*512				
						*976			*762						*623						
60						*1668			*1327						*986						
									*2829												
90						*2174			*1984												
120																					

GEOSF	ESCALA: Indicada
LOCAL: FAZENDA RETIRO DO MEIO – BRASÍLIA	DATA: 09/98
Seção: Geométrica	FIGURA: 5
Resistividade: Ohm.m	

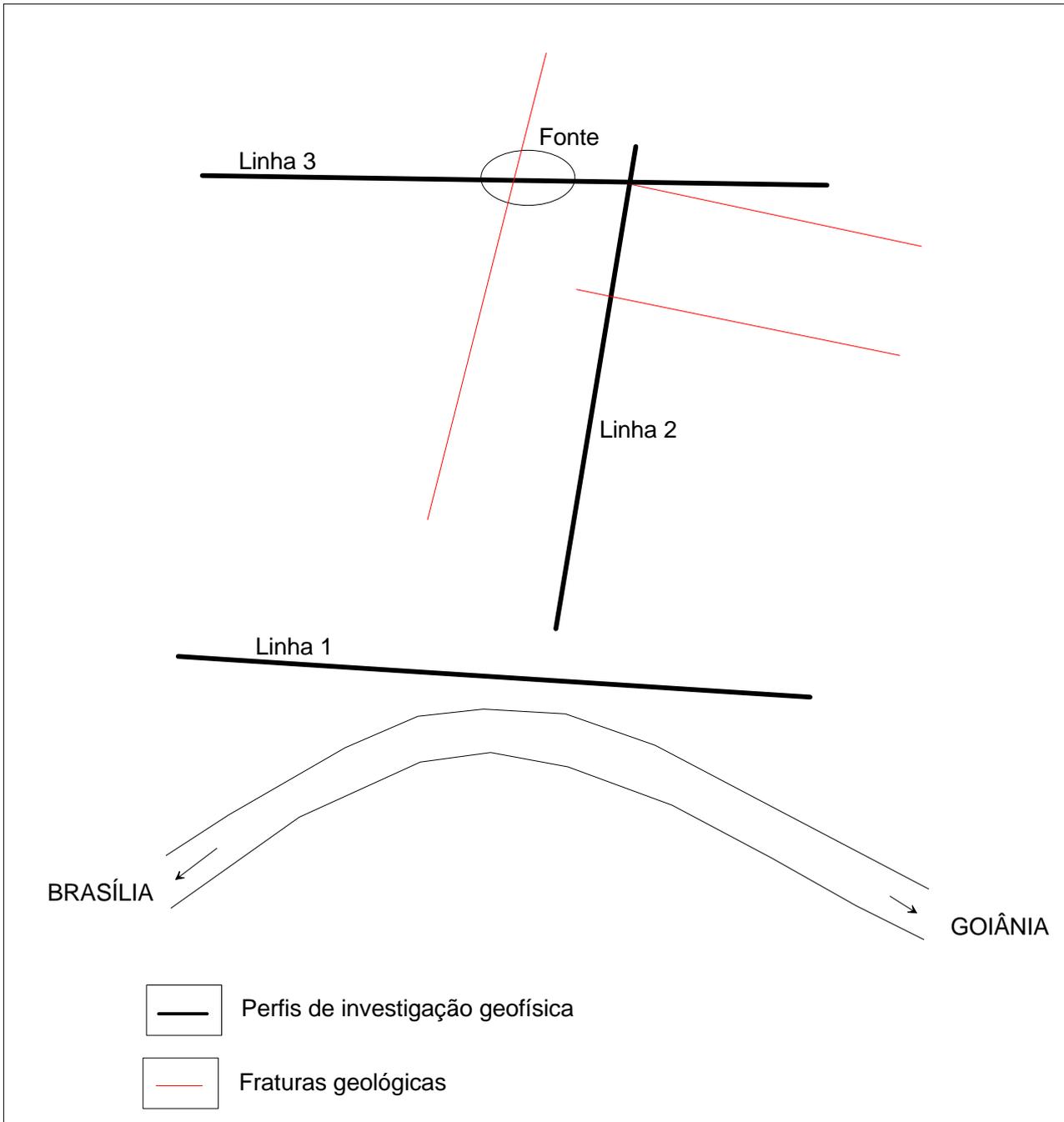


Figura 6. Esboço indicando as principais fraturas e linhas de investigação geofísica para estudos de viabilidade de captação de água subterrânea, na Fazenda Retiro do Meio, Brasília - DF.