

ESTUDOS DE FRATURAMENTOS PARA PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SERGIPE COM PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Oswaldo Souza Sampaio
Instituto de Economia e Pesquisas (INEP)
Rua Vila Cristina 1051, 49000 - Aracaju, SE, Brasil

Juércio Tavares de Mattos
Paulo Veneziani
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Uma interpretação sistemática de dados de sensores remotos foi realizada para a prospecção de água subterrânea no Complexo Cristalino Sergipano, possibilitando delimitar áreas potenciais para exploração em futuro próximo. O método utilizado inclui a análise do relevo e drenagem para delinear os principais sistemas de falhas e juntas, e caracterizar morfoestruturas favoráveis. Em função do Complexo Pré-cambriano ser extremamente compacto e impermeável, os reservatórios de água subterrânea só podem existir em zonas extremamente fraturadas das rochas cristalinas e portanto o mapeamento de morfoestruturas é um meio para a prospecção.

ABSTRACT

For groundwater prospecting in Sergipe Crystalline Complex, a systematic interpretation of the remote sensing data was conducted and enabled to delineate some potential areas for groundwater exploration in the nearby future. The method used here includes the analysis of terrain relief and drainage for delineating the principal joint and fault systems and characterizing the favorable morfostructures. Owing to the Precambrian complex is extremely compact and impermeable the only groundwater reservoirs may exist in the highly fractured zones in the crystalline rocks, so that morfostructure mapping is the way for groundwater prospecting.

1. INTRODUÇÃO

Com a finalidade de incentivar o desenvolvimento sócio-econômico de regiões atualmente carentes de recursos hídricos superficiais, as quais podem encerrar grande potencial para atividades agro-pecuárias, o Instituto de Pesquisas Espaciais em convênio com o Instituto de Economia e Pesquisas (INEP) - Aracaju (SE) vêm realizando no Estado de Sergipe um programa de pesquisas, através de técnicas de sensoriamento remoto, o qual propõe o levantamento de áreas mais favoráveis a prospecção de água subterrânea e fornecer desta maneira subsídio a implantação de projetos de irrigação. O programa foi subdividido em duas etapas. A primeira já concluída, foi elaborada em caráter regional na escala 1:250.000 e que identificou onze áreas propícias à concentração de água subterrânea. A segunda, em andamento, consiste no semidetalhamento das áreas selecionadas previamente, realizado através de fotografias aéreas na escala 1:70.000 e imagens TM/LANDSAT, além do apoio de trabalhos do campo.

Neste trabalho apresentam-se alguns resultados obtidos por ocasião do semidetalhamento de três áreas alvos, e discute-se a metodologia de trabalho baseada numa sistemática de interpretação de produtos de sensoriamento remoto e de coleta de dados de campo.

As áreas detalhadas situam-se na porção centro-oeste do Estado de Sergipe (Figura 1). Geologicamente é constituída por rochas metamórficas pertencentes a faixa de dobramento Sergipana, considerada como o limite nordeste do Crá-

ton São Francisco, tendo sua evolução atribuída ao Ciclo Brasileiro (Almeida, 1967). A denominação "Geossinclinal de Própria" para esta faixa dobrada foi proposta por Humphrey e Allard (1969). Como orientação geral esta faixa alinha-se segundo a direção N70W, com vergência para SW, no sentido do Craton São Francisco. Localmente a área estudada é representada predominantemente por rochas de baixo grau metamórfico pertencentes aos Grupos Miaba e Vaza Barris, respectivamente de naturezas miogeossinclinal e eu geossinclinal, segundo Humphrey e Allard (op. cit.). Ao norte, de maneira menos expressiva, surgem metassedimentos de grau mais elevado pertencentes ao Grupo Macurure. Reinterpretações do modelo geológico da Geossinclinal de Própria foram propostas por Silva Filho et al (1977).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes produtos de sensoriamento remoto:

- Mosaicos de Radar do Projeto RADAMBRASIL em cópia fotográfica (1:250.000).
Folhas: SC-24-Z-B e SC-24-Z-A.
- Imagens MSS-TM/LANDSAT, em branco e preto (papel fotográfico).
MSS (1:250.000): Órbita 215/Ponto 67 (WRS) 26/07/76.
TM (1:1000.000): Órbita 215/Ponto 67 (WRS) 26/10/85.

- Fotografias aéreas pancromáticas (1:70.000) tomadas em 1971/72 por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A.

Base cartográfica utilizada.

- Folhas topográficas da SUDENE na escala 1:100.000.

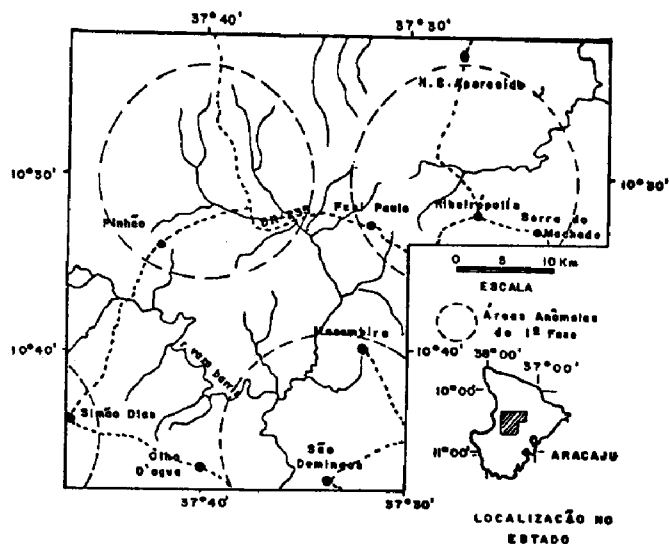


Fig. 1 - Mapa de localização.

2.2 - MÉTODOS

O método empregado baseou-se nos critérios de fotointerpretação propostos por Riverau (1972), Soares e Fiori (1976) e Veneziani e Anjos (1982). A análise dos elementos texturais e estruturais de relevo e drenagem é o fundamento do método fotointerpretação empregado.

Tendo em vista que o objetivo principal do processo de extração de dados dos produtos de sensoriamento remoto direcionou-se na caracterização do padrão de fraturamento e de morfoestruturas, os elementos de fotoanálise que mereceram maior atenção foram: lineações, alinhamentos e assimetria, de relevo e drenagem.

3. SISTEMÁTICA DE INTERPRETAÇÃO

A ordem de operações e interpretações nas imagens foi realizada em duas fases distintas no trabalho, cuja integração, através da convergência de evidências, resultou na locação de áreas mais favoráveis para a pesquisa de água subterrânea.

Na primeira fase detectou-se estruturas favoráveis a captação de água, com base na premisa de que em áreas com maior densidade de fraturas e falhas abertas, originadas por esforços distensivos, a circulação de água é favorecida. Ao contrário, fraturas de cisalhamento, geralmente fechadas, não oferecem condições de circulação de água subterrânea. Entretanto, zonas originadas por cataclasmamento ao longo destas estruturas podem também favorecer a circulação de água.

Na segunda fase procurou-se estabelecer a tendência geral do fluxo de água através de asimetria da rede de drenagem. O traçado das "linhas de tendência do fluxo de água" levou sempre em consideração a disposição dos lineamentos e feixes estruturais.

Integradas as duas fases, os limites das áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea foram delineadas a partir da convergência de evidências. Ficou estabelecido, pela Tabela 1, prioridade das áreas de acordo com a coincidência de fatores geológicos-estruturais. A Tabela 1 apresenta situações possíveis de combinações entre estruturas de interesse, obedecendo uma sequência alfanumérica crescente para áreas com menor prioridade.

As informações utilizadas na Tabela 1 de vem estar contidas nos seguintes mapas:

MAPA DE LINEAMENTOS ESTRUTURAIS (1:250.000)

Foi elaborado a partir de imagens de radar e TM-MSS/LANDSAT. Objetiva a visualização da distribuição em área dos principais lineamentos estruturais, bem como a caracterização de movimentos relativos, quando possível. Uma análise destes lineamentos pôde esborçar o padrão tectônico regional, proporcionando assim avaliar-se as direções predominantes dos esforços distensivos e compressivos, apoiados em dados de campo que confirmam feições típicas de movimentos de corpos rochosos (estrias, dobras de arrasto, foliação cataclástica, mergulho de camadas, etc.).

MAPA DE FEIXES DE LINEAÇÕES (1:250.000)

Contém informações a respeito da distribuição de áreas com maior concentração de elementos fortemente estruturados unidirecionalmente, interpretados como feixes de fratura.

MAPA DE FRATURAS E LINEAMENTOS ESTRUTURAIS (1:100.000)

Direcionado para áreas semidetalhadas. É obtido por interpretação de fotografias aéreas pancromáticas 1:70.000 e reduzido sobre cartas topográficas na escala 1:100.000. Neste nível de detalhamento é possível a diferenciação entre feições que indicam fraturas, formações e acamamento.

MAPA DE FEIXES DE FRATURAMENTO (1:100.000)

Mostra a distribuição de zonas de concentração de juntas com direções aproximadas. Segundo Anjos e Veneziani (1986), juntas verticais ou subverticais geralmente dão origem a feixes em produtos de sensoriamento remoto, em escala de semidetalhe.

MAPA DE LINHAS DE TENDÊNCIA DE FLUXO DE H₂O (1:100.000)

Baseia-se em dados de assimetria da rede de drenagem. O grau de confiabilidade deste mapa é função de nível de detalhe na extração da rede de drenagem.

MAPA DE POÇOS PERFURADOS

Contém a localização aproximada de poços já perfurados na região. Na área estudada a profundidade média dos poços giram em torno de 60 metros.

MAPA INTEGRADO (1:100.000)

É o produto final, constituído pela integração das informações fornecidas pelos mapas anteriores. A análise conjunta de todos os dados obtidos fornece o subsídio para a delimitação das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

4. RESULTADOS

Os dados fornecidos pelos produtos de sensoriamento remoto permitiram diferenciar na área de pesquisa cinco direções preferenciais de lineamentos estruturais; são eles: N10-30E, N05-15W, N10-20W, N60-70W, N50-60E e N40-50W. Através de dados de campo e comparação com modelos de esforços compressivos, os lineamentos estruturais puderam ser caracterizados, seguindo-se o padrão tectónico regional apontado na literatura.

Sendo assim, dois sistemas distensivos predominantes foram considerados. O mais expressivo e mais recente mantém a direção N10-30E, e o segundo a direção N05-15W. Estes dois sistemas constituem direções onde os feixes de fraturas e falhas são as estruturas de grande interesse na captação de água. A Figura 2 contém a distribuição dos polos de planos de fraturas abertas medidas em campo, determinando com clareza suas distribuições nas mesmas direções obtidas nas imagens.

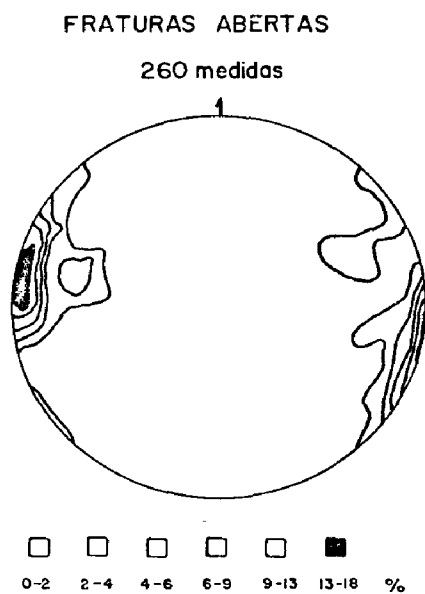


Fig. 2 - Diagrama de Polos de fraturas abertas.

A direção N60-70W, com grande evidência na região entre Simão Dias e Pinhão é resultado de falhamentos inversos com planos de falha mergulhando para NE, e com o mesmo caimento da foliação predominante. Os outros sistemas associam-se à fraturas e falhas de cisalhamento com movimentos sinistrais (NE-SW) e destrais (NW-SE), manifestadas por toda área.

A disposição destes lineamentos dentro de um modelo compressivo indica que a direção de distensão mais antiga proporcionou zonas de fraqueza, posteriormente reativadas e formando a componente de cisalhamento antitética da direção de compressão mais recente (N10-30E). Falhas de rejeito direcional com a mesma direção da distensão mais antiga (N05-15W) sugerem esta ideia.

Mostra-se através da Figura 3 um exemplo da integração dos dados obtidos nas diversas etapas das pesquisas (Mapa Integrado) sobre a região adjacente as cidades de Frei Paulo e Alagadiço. Nesta região são visualizadas, principalmente, feixes de fraturas abertas nas direções N10-30E e N05-15W, e os sistemas de lineamentos nas direções N50E - Sistema de Lineamentos Frei Paulo - e N70W - Sistema de Lineamentos Alagadiço -, constituindo as estruturas com maior interesse para a avaliação e locação das águas favoráveis a pesquisa de água subterrânea.

O modo de utilizar-se da Tabela 1 também pode ser visto no exemplo citado. Na Figura 3 estão plotados quatro poços com suas respectivas vazões. As áreas onde estes poços estão situados foram classificados da seguinte maneira:

Área A (muito favorável) - IB, IIC, IIIA3
Áreas B e C (favorável) - IB, IIC, VA2
Área D (desfavorável) - IB, IID

Acompanhando o significado alfa-numérico definido pela Tabela 1, têm-se que: as permeabilidades das quatro áreas são função exclusiva do grau de fraturamento (região cristalina); as tendências de fluxo de água são concordantes para as áreas A, B, e C, ao contrário em D é discordante; o cruzamento de feixes de fraturas abertas em A torna esta área como mais favorável para a obtenção de água, enquanto que B e C assumem posições intermediárias por estarem contidas em feixes de fraturas abertas; a área D assume uma condição desfavorável por não associar-se de fraturas ou falhas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram que é possível delimitar áreas mais favoráveis para a pesquisa de água subterrânea com a utilização adequada da metodologia desenvolvida.

O procedimento para selecionar tais áreas deve ser sistemático, iniciado com um levantamento regional onde se procura identificar as principais feições tectono-estruturais de origem compressiva e distensiva.

A extração de lineamentos e sistemas de fraturas de produtos de sensoriamento remoto de pequena escala, aliada ao reconhecimento básico de campo, fornecem subsídios para avaliar-se, em prazos reduzidos, áreas fraturadas anômalas.

O passo seguinte, isto é, a interpretação de fotos aéreas (produtos que permitem a extração de dados de semi-detilhe e detalhe), também aliada a trabalhos específicos de campo, permite a avaliação das anomalias detectadas na fase regional e através da convergência de evidências (permeabilidade, fluxo favorável, cruzamentos) torna-se possível localizar as áreas mais favoráveis à prospecção.

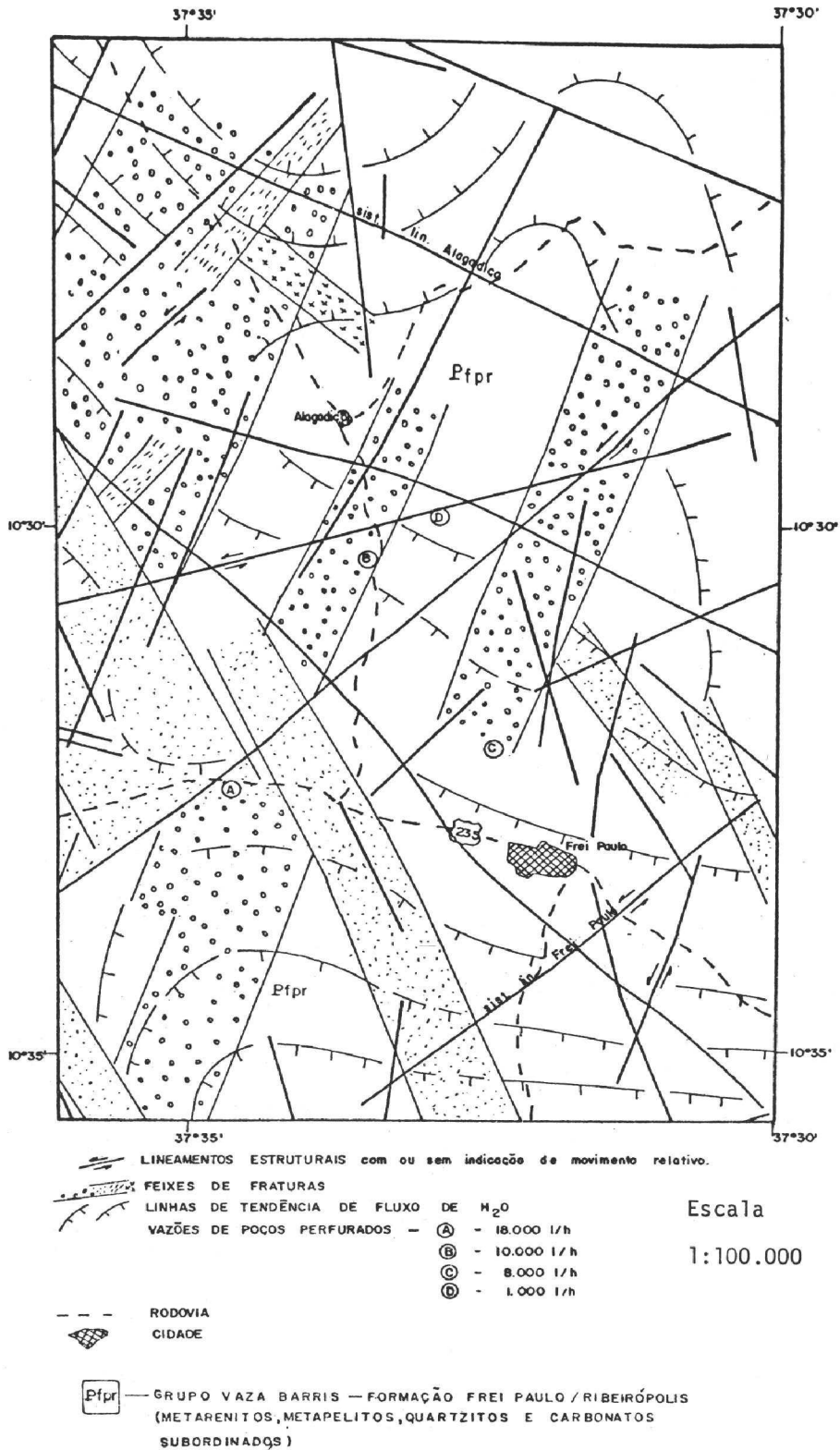


Fig. 3 - Mapa integrado.

TABELA 1

TIPOS DE COMBINAÇÕES ENTRE ELEMENTOS ESTRUTURAIS SEGUNDO ORDEM DE ASSOCIAÇÃO

	PRINCIPAIS ESTRUTURAS REGIONAIS DE INTERESSE	ELEMENTOS			ELEMENTOS HIDRICOS	ELEMENTOS FECHADOS		
		ABERTOS						
V	FEIXES DE FRATURAS	1	SISTEMAS CONJUGADOS			1	SISTEMAS CONJUGADOS	
		2	SISTEMAS			2	SISTEMAS	
		3	SERIES			3	SERIES	
VI	FALHAS	1	NORMAIS			1	DIRECIONAIS	
						2	INVERSAS	
						3	EMPURRÕES	
III	FEIXES - FALHAS	1	ABERTO X ABERTO		1	ABERTO X FECHADO	1	FECHADO X FECHADO
					2	FECHADO X ABERTO		
	FALHAS - FALHAS	2	ABERTO X ABERTO	3	ABERTO X FECHADO		2	FECHADO X FECHADO
				4	FECHADO X ABERTO			
				5	ABERTO X FECHADO		3	FECHADO X FECHADO
				6	FECHADO X ABERTO			
FEIXES - FEIXES	3	ABERTO X ABERTO	4	ABERTO X DESCONTINUIDADE		4	FECHADO X DESCONTINUIDADE	
			5	ABERTO X DESCONTINUIDADE		5	FECHADO X DESCONTINUIDADE	
		A			B	C		

* Obs.: Considerar todas descontinuidades litológicas-estruturais excluindo os falhamentos.

II	TENDENCIA DO FLUXO D'ÁGUA	C	CONCORDANTE	D	DISCORDANTE
I *	PERMEABILIDADE ALTA	A	POROSIDADE	B	DENSIDADE DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS ABERTOS

* Obs.: Considerar a permeabilidade em função da porosidade das Rochas (A) e da alta densidade de elementos estruturais abertos (B).

É importante ressaltar que estas áreas são as mais favoráveis a prospecção e não propriamente para a locação de poços. A determinação do local onde deverá ser feita a perfuração somente terá um alto grau de confiabilidade após a realização de levantamentos geofísicos (p. ex. eletroresistividade) e de estudos hidrogeológicos convencionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M.; Origem e evolução da plata forma brasileira. Dep. Nac. Prod. Min., DTV. Geol. Min., Bol. 241: 36 pp. 1967.
- ANJOS, C.E. dos; VENEZIANI, P. Interpretação tectônica de feixes de fraturamento - Uma abordagem com imagens TM-MSS/LANDSAT e mosaicos de radar. (Neste volume), 1986.
- HUMPRHEY, F.L.; ALLARD, G.O. Geologia da área do Domo de Itabaiana (Sergipe) e sua relação com a geologia da Geossinclinal de Própria. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1969. 104p.
- RIVERAU, J.C. Notas de aulas do curso de foto interpretação; Soc. Inter. Cult. Esc. Geol., em XI Semana de Estudos. Ouro Preto, 1972.
- SILVA FILHO, M.A. da et alii. Geologia da geos sinclinal e do seu embasamento. Projeto Baixo São Francisco/Vaza Barris: Relatório Final. Salvador, CPRM, v.1 (Convênio DNPM/CPRM), 1977.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e Sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. Notícia Geomorfológica, 16(32): 107-121, 1976.
- SUDENE Folha Carira (SC.24-Z-A-III). Folha Topográfica escala 1:100.000. Min. Int. Super. do Desenv. do Nordeste. Recife, 1973.
- Folha Cracho Cardoso (SC.24-Z-B-I-) Folha Topográfica escala 1:100.000. Min. Int. Super. do Desenv. do Nordeste. Recife, 1973.
- Folha Simão Dias (SC-24-Z-B-VI) Folha Topográfica escala 1:100.000. Min. Int. Super. do Desenv. do Nordeste. Recife, 1973.
- Folha Aracaju (SC-24-Z-B-IV) Folha Topográfica escala 1:100.000. Min. Int. Super. do Desenv. do Nordeste. Recife, 1974.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. dos; Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. INPE 2227 - MD/014 - 61p. 1982.