

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS À PESQUISA DE ÁGUA
SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DE IMAGENS TM/LANDSAT-5 NAS
MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS CURIMATAÚ (MRH91) E
SERIDÓ PARAIBANO (MRH90)**

JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

CAMPINA GRANDE

MARÇO - 1996

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS À PESQUISA DE ÁGUA
SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DE IMAGENS TM/LANDSAT-5 NAS
MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS CURIMATAÚ (MRH91) E
SERIDÓ PARAIBANO (MRH90)**

JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS À PESQUISA DE ÁGUA
SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DE IMAGENS TM/LANDSAT-5 NAS
MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS CURIMATAÚ (MRH91) E
SERIDÓ PARAIBANO (MRH90)**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado
em Engenharia Agrícola da Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências para obtenção do Grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

Marcelo Alves de Barros, Dr.

Orientador

José Eustáquio Rangel de Queiroz, Msc.

Co-Orientador

CAMPINA GRANDE

MARÇO - 1996

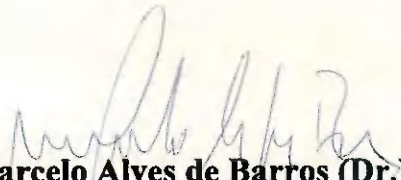


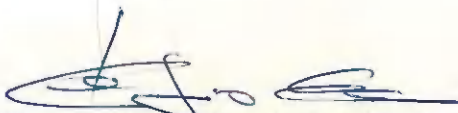
D192i	<p>Dantas Filho, Joao Ramalho.</p> <p>Identificacao de areas propicias a pesquisa de agua subterranea atraves de imagens TM/LANDSAT-5 nas microrregioes homogeneas curimatau (MRH91) e Serido Paraibano (MRH90) / Joao Ramalho Dantas Filho. - Campina Grande, 1996.</p> <p>Dissertacao (Mestrado em Engenharia Agricola). Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.</p> <p>1. Recursos Hidricos Subterraneos - Curimatau (PB). 2. Agua Subterranea. 3. Recursos Hidricos Subterraneo - Serido Paraibano. I. Barros, Marcelo Alves de., Prof. Dr. II. Queiroz, Jose Eustaquio Rangel de. , Prof. Msc. III. Universidade Federal da Paraiba, Campina Grande (PB) IV. Título</p> <p>CDU 556.32(043)</p>
-------	---

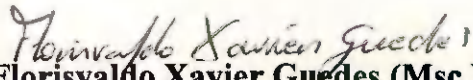
**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPÍCIAS À PESQUISA DE ÁGUA
SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DE IMAGENS TM/LANDSAT-5 NAS
MICRORREGIÕES HOMOGÊNEAS CURIMATAÚ (MRH91) E
SERIDÓ PARAIBANO (MRH90)**

JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

Dissertação aprovada em 14 de março de 1996.


Marcelo Alves de Barros (Dr.)
Orientador


Célio Eustáquio dos Anjos (Dr.)
Componente da Banca


Florivaldo Xavier Guedes (Msc.)
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE

MARÇO - 1996

AGRADECIMENTOS

À EMATER-PB, por minha liberação para a concretização deste trabalho de pesquisa e concessão de veículo por ocasião do trabalho de campo.

Ao CNPq e PRPG da UFPB, pelo suporte financeiro através de concessão de bolsa de estudo.

À Prefeitura Municipal de Picuí-PB, na pessoa do Dr. Sebastião Tibúrcio de Lima, pelo apoio financeiro na aquisição de Imagens TM/LANDSAT e despesas de custeio por ocasião do trabalho de campo.

À Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Agrícola, que forneceu às condições técnicas ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao IBAMA-João Pessoa, na pessoa de Janizete Rangel Pontes Lins ,pelo empréstimo de Imagens.

Ao IBAMA-Natal, na pessoa de Maria Auxiliadora Gariglio, pelo empréstimo de imagens.

Ao Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba (LMRS/PB), pela infra-estrutura proporcionada no decorrer deste trabalho.

Ao Dr. Marx Prestes Barbosa, pela orientação, desprendimento, dedicação, solidariedade, confiança, tolerância e amizade.

À professora Maria José dos Santos, pela orientação, incentivo, apoio, amizade e sugestões relevantes para a concepção final deste trabalho.

Ao Dr. Marcelo Alves Barros, pela gentileza em assumir a orientação, confiança, colaboração, desprendimento e disponibilização de sua experiência.

Ao mestre José Eustáquio Rangel de Queiroz, pelos ensinamentos, revisão e sugestões imprescindíveis para a concretização deste trabalho.

Ao Engenheiro Cartógrafo Miguel José da Silva, pelos ensinamentos, apoio e amizade.

Ao desenhista Davi de Oliveira Santos, pelo trabalho de desenho cartográfico, dedicação e amizade.

Ao colegas e amigos, Rubens Germano Costa e Roberto Germano Costa, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas de EMATER, Alveriano e Auto Martins, pela infra-estrutura de apoio ao trabalho de campo.

Ao Professor Ênio, pelos ensinamentos de utilização do software surfer.

Ao coordenador do LMRS-PB, Ricardo da Cunha Lima Correia, pelo apoio e amizade.

Ao amigo Carlos Valberto, pelo apoio e ensinamentos de Matemática.

Aos colegas de curso: Valdiney, Flávio, Tomáz, Mônica, Joedla, Messias, Ednaldo, Ednaldo Liberato, Jaqueline, Gilvanise, Fátima, Sócrates, Carlos Valberto, Cléber e José Geraldo pela convivência e cooperação mútua.

Aos estagiários Joaquim e Clóvis, pela colaboração.

A amiga Fátima Fernandes, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos e colegas do (LMRS/PB):Ricardo, Maria José, Keldma, Eunice, Cleide, Arilena, Márcia, Luzinete, Marle, Ana Bárbara, Carmem, Alexandre Magno, Ricardo Silva, Cícero, Gutemberg, Isnaldo, Lilian, Maisa, Ana Paula, Fernando, Rose, Davi, Miguel, Eustáquio, Fátima, Augusto, Patrice, Marx, Francisco, Alberto, Geraldo, Alexandre Xavier, Walter, Enio, Edilberto, Joedla, Socorro, Marlene.

Aos Coordenadores de Pós-Graduação, Lúcia Helena G. Chaves e Pedro Dantas, pelo apoio.

As secretárias Ruth e Aldanisa, pelo apoio e incentivo.

Aos membros da banca examinadora, pela gentileza em participar do processo de avaliação do trabalho.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, por minha existência.

Aos meus irmãos, tios, sobrinhos, primos e cunhados, pelo apoio e incentivos recebidos.

A Deus, fonte inesgotável de sabedoria, minha fortaleza nas horas difíceis e minha luz nos momentos sombrios.

SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo Principal	2
1.2 Objetivos Gerais	2
1.3 O Trabalho e o Contexto Geral	2
1.4 Localização da Área de Estudo	4
1.5 Organização do Trabalho	5
CAPÍTULO 2	
CARACTERÍSTICAS GERAIS	6
2.1 Clima	6
2.2 Geomorfologia	7
2.2.1 Planalto da Borborema	7
2.2.1.1 Frentes do Planalto	7
2.2.1.2 Superfície do Planalto ou Superfície dos Cariris	7
2.2.1.3 Restos de Capeamento Sedimentar Elevados	8
2.2.2 Outras Áreas Cristalinas Elevadas-Inclusão de Maciços Residuais e Inselbergues	8
2.3 Vegetação	8
2.3.1 Formação Florestal	8
2.3.2 Caatinga	9
2.4 Solos	10
2.5 Geologia	12
2.5.1 Pré-Cambriano Indiviso	12
2.5.1.1 Complexo Gnáissico-Migmatítico (p∈gn)	12
2.5.1.2 Rochas Granitóides	12
2.5.2 Pré-Cambriano Superior	13
2.5.2.1 Grupo Seridó (p∈As)	13
A) Formação Equador (p∈Ase)	13
B) Formação Jucurutu (p∈Asj)	14
C) Formação Seridó (p∈Ass)	14
2.5.2.2 Rochas Plutônicas Granulares e Filonianas	15
2.5.3 Rochas Efusivas Meso-Cenozóicas	15
2.5.4 Cenozóico	16
2.5.4.1 Formação Campos Novos (Tcn)	16
2.5.4.2 Grupo Barreiras	16
2.5.4.3 Sedimentos Quaternários	17
2.6 Recursos Hídricos	17
2.6.1 Águas Superficiais	17

2.6.2	Águas Subterrâneas	18
2.6.2.1	O Sistema Aquífero Cristalino	21
2.6.2.2	O Sistema Aquífero Serra dos Martins	21
2.6.2.3	O Sistema Aquífero Aluvial	24
2.7	Aspectos Econômicos	24
2.7.1	Agricultura	24
2.7.2	Pecuária	24
2.7.3	Agroindústria	24
2.7.4	Produção Mineral	24
2.7.5	Infra-Estrutura Físico Social	25

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS	26	
3.1	Materiais	26
3.1.1	Material Bibliográfico	26
3.1.2	Produtos de Sensoriamento Remoto	26
3.1.2.1	Dados Fundamentais	27
a)	Resolução Espectral	29
b)	Resolução Espacial	30
c)	Resolução Temporal	31
3.1.2.2	O Sistema TM/LANDSAT-5	31
3.1.3	Folhas Topográficas da SUDENE	33
3.1.4	Mapa Geológico do Estado da Paraíba	34
3.1.5.	Representação e Apresentação Convencional dos Dados	34
3.1.6	Infraestrutura Computacional	34
3.1.6.1	Equipamentos	34
3.1.6.2	Suporte Lógico - Aplicativos	35
3.1.7	Geoprocessamento e Dados Digitais	36
3.1.7.1	Sistema Geográfico de Informações (SGI-340-INPE/ENGESPAÇO)	36
A)	Objetivos	36
B)	Aplicações	37
C)	Descrição Funcional e Aplicação Prática	38
D)	Representação e Apresentação no Formato Digital	41
E)	Geração da Base Digital	42
3.2	Métodos	44
3.2.1	Métodos de Fotointerpretação	44
3.2.1.1	Método das Chaves Interpretativas	44
3.2.1.2	Método Sistemático	45
3.2.2	Trabalhos de Reconhecimento e Verificação de Campo	48
3.2.3	Análise de Fraturamento	48
3.2.3.1	Feixes de Fraturas	49
3.2.3.2	Análise Qualitativa das Lineações de Relevô e Drenagem	50
3.2.3.3	Análise Quantitativa das Lineações de Relevô e Drenagem	50

3.2.3.4	Análise de Falhamentos	50
3.2.3.5	Análise da Assimetria dos Elementos de Drenagem e Relevo: Mapa de Condicionantes Hidrogeológicos	52
3.2.4	Dados de Poços Profundos	54
3.2.5	Integração de Dados: Mapa Integrado	54
3.2.6	Áreas Favoráveis à Pesquisa de Água Subterrânea	54
3.2.6.1	Critérios de Seleção	54
3.2.6.2	Prioridades das Áreas	59

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS		61
4.1	Geologia	61
4.1.1	Características Fotogeológicas	64
4.2	Análise de Fraturamento	66
4.2.1	Análise Quantitativa dos Fotolineamentos	67
4.2.2	Análise Qualitativa dos Fotolineamentos	69
4.2.3	Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e do Relevo	74
4.3	Áreas Favoráveis à Pesquisa de Água Subterrânea	75
4.3.1	Elementos Estruturais Abertos	76
4.3.2	Elementos Estruturais Híbridos	78
4.3.3	Áreas com Baixa Potencialidade à Pesquisa de Água Subterrânea	79
4.4	Resultados do Processo Digital	80

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS		82
5.1	Conclusões e Considerações Finais	82
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		84

ANEXOS

Anexo (A)	- Mapa Geológico
Anexo (B)	- Mapa dos Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas
Anexo (C)	- Mapa da Rede de Drenagem
Anexo (D)	- Mapa da Rede de Drenagem e de Condicionantes Hidrogeológicos
Anexo (E)	- Mapa de Fraturas e de Feixes de Fraturas
Anexo (F)	- Mapa Tectônico
Anexo (G)	- Mapa de Caminhamento
Anexo (H)	- Mapa Integrado
Anexo (I)	- Cadastro de Poços
Anexo (J)	- Base Digital com os Mapas Gerados (Disquete)

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.	
1.1	Localização da área de estudo	4
2.1	Mapa de sistemas aquíferos do Estado da Paraíba	20
3.1	Características espectrais de fontes de energia eletromagnética, efeitos atmosféricos e sistemas sensores	28
3.2	Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre: solo, água e vegetação	30
3.3	Inclinação da órbita de um satélite	31
3.4	Sistema TM/LANDSAT e características de varredura do sensor	32
3.5	Layout de tela do SGI	39
3.6	Tela de abertura do SGI-340 v.2.5	40
3.7	Tela da função criar/ativar projeto	40
3.8	Localização da área-piloto	41
3.9	Propriedades que caracterizam as formas da drenagem e do relevo	47
3.10	Exemplo de disposição de feixes a partir de traços que representam juntas, extraídas de imagens TM/LANDSAT	49
3.11	Representação do modelo de zona de cisalhamento de RIEDEL (1929)	51
3.12	Sistema de fratura na zona de cisalhamento	51
3.13	Drenagem: (A) fracamente assimétrica e (B) fortemente assimétrica	52
3.14	Assimetria do relevo no produto sensor: (A) o plano de declividade estrutural (zona homóloga A) forma um ângulo baixo com a linha do horizonte (h), pois o relevo é fortemente assimétrico (quanto maior esse ângulo menor é a assimetria e, portanto, mais acentuado o mergulho estrutural); e (B) a largura da região iluminada na imagem fotográfica do LANDSAT é bem maior que a da sombreada indicando a forte assimetria do relevo	53
3.15	Correlação de feições superficiais (feixes de fraturas) com falhas profundas	56
3.16	Exemplos esquemáticos de cruzamentos entre dois feixes de fraturas	57
3.17	Exemplo esquemático de delimitação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea	58

LISTA DE TABELAS

		Pág.
Tabela		
2.1	Classificação climática de GAUSSEN	6
2.2	Elementos climáticos das microrregiões da área de estudo	7
2.3	Exposição do sistema serra dos martins no Estado da Paraíba	22
3.1	Principais características dos produtos fotográficos	27
3.2	Aplicações das bandas espectrais do TM	33
3.3	Estruturas e combinações segundo ordem de prioridade	60
4.1	Relação entre as direções de foliação das rochas do embasamento cristalino e as direções de esforços definidas na área de estudo	62
4.2	Características fotomórficas das unidades geológicas nas IMAGENS TM/LANDSAT	65
4.3	Quantidade e frequência de ocorrência de fraturas (imagem/campo)	70

LISTA DE FOTOS

Fotos		Pág.
Foto 1	Afloramento de rocha do embasamento cristalino, tectonizada e fraturada	62
Foto 2	Aspectos de relevo do embasamento cristalino: (a) ondulado a fortemente ondulado; e (b) suavemente ondulado a plano	63

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviação

CAGEPA	- Companhia de Águas e Esgotos do Estado da Paraíba
CDRM	- Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba
EMATER	- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado da Paraíba
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ERT	- elemento de resolução do terreno
FIPLAN	- Fundação Instituto de Planejamento do Estado da Paraíba
MINTER	- Ministério do Interior
MRH	- microrregião homogênea
MSS	- <i>MultiSpectral Scanner</i>
PI	- plano de informação
SIG	- Sistema Geográfico de Informações
SIG	- sistema de informação geográfica
SITIM	- Sistema Interativo de Tratamento de Imagens
SUDENE	- Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TM	- <i>Thematic Mapper</i>

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é suprir parte da carência de informações sobre os recursos hídricos subterrâneos da área de estudo. Para tanto, procedeu-se a caracterização de feições tectono-estruturais propícias à captação, circulação e armazenamento de água subterrânea, através de uma sistemática de interpretação de produtos de sensoriamento remoto de baixa resolução espacial (Imagens TM-LANDSAT-5) com o apoio de dados monitorados no campo. Dentre os resultados aqui apresentados, a análise da drenagem mostrou que na área predomina o padrão dendrítico, que no embasamento cristalino apresenta uma densidade e um grau de estruturação muito alto e no cenozóico uma densidade e um grau de estruturação baixo. Foi identificada uma zona de cisalhamento na região de caráter destal de direção E-W, paralela à sub-paralela aos lineamentos de Patos e de Pernambuco. Foram identificadas 25 (vinte e cinco) áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, estando relacionadas a cruzamentos de estruturas abertas e híbridas, definidas a partir de análise dos sistemas de cisalhamento, como feixes de fraturas e lineamentos. Foram feitos estudos comparativos desses resultados com dados auxiliares sobre poços profundos, visando a aferição dos resultados obtidos no processo de identificação mencionado. Foram identificadas 04 (quatro) áreas com baixa potencialidade à pesquisa de água subterrânea, para ilustrar a validação da sistemática de identificação dos recursos hídricos subterrâneos. Verificou-se que a maior parte das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, estão relacionadas principalmente com as direções: $N65^{\circ}E \pm 5^{\circ}$, $N35^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ e $EW \pm 5^{\circ}$. Verificou-se, ainda, que as vazões dos poços tubulares pré-existent na área de estudo mostraram-se compatíveis com seus posicionamentos em relação às estruturas mapeadas. Os dados de análise e interpretação são apresentados em sua totalidade no formato convencional de representação (nanquim sobre papel vegetal), possibilitando a geração de 8 mapas. Um subconjunto dos dados disponíveis, correspondente a 39,2% da área total de estudo, foi convertido para o formato digital, o que possibilitou a geração de 11 cartas digitais (10 diretamente dos planos de informação e 01 da integração de 7 planos de informação), impressas posteriormente por um traçador gráfico.

ABSTRACT

The main goal of this work, based on a TM/LANDSAT-5 imagery set and on field work data, is to provide a source of information about ground water resources of the study area. It was accomplished a land use, a drainage and water reservoirs survey, as well as a structural study of the geology of the area, aiming to delimit a set of subareas most favorable to ground water research. According to the drainage analysis, the predominant drainage pattern of the area is *dendritic*. One right-handed shearing system were identified is parallel-subparallel to the lineament of Patos and Pernambuco. 25 most favourable areas to the ground water investigation were identified. They are related to opened structures crossings, defined by an analysis of shearing systems, fracture sheaves and lineaments Most of these areas are related to structures $N65^{\circ}E\pm5^{\circ}$, $N35^{\circ}E\pm5^{\circ}$ and $EW\pm5^{\circ}$ -oriented. Comparative analysis of these results with additional data about deep wells were accomplished, aiming checks on the accuracy of the identification process. Four (04) low potential areas were identified to illustrate the validation of the ground water identification strategy adopted here. Conventional representation techniques were adopted for the most of the analysis and interpretation results. Eight (08) maps were generated. A part of the data set, corresponding to 39,2 % of the study area, was converted to the digital format and processed to generate 11 digital maps.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A totalidade da área em estudo encontra-se inserida numa região de domínio climático *semi-árido*, caracterizando-se pela escassez de recursos hídricos de superfície. Tais recursos estão relacionados, neste contexto, com as bacias dos rios Seridó (compreendendo a sub-bacia do rio Picuí) e Jacu, destacando-se os açudes Caraibeiras, Várzea Grande, Picuí, Cais, Caldeirão e Torrões.

Em nível de recursos hídricos subterrâneos destacam-se dois sistemas aquíferos: o *sistema cristalino* e o *sistema sedimentar*, este representado pelos sedimentos Terciários da Formação Serra dos Martins e pelas aluviões de idade quaternária, encontradas ao longo dos leitos estreitos dos rios. Conquanto tais recursos sejam economicamente significativos para a área de estudo, os trabalhos até então desenvolvidos nesse sentido têm sido escassos. Daí a dimensão sempre crescente que as informações sobre águas subterrâneas vêm assumindo para o atendimento às demandas da população desta área (relativas ao consumo humano e animal, bem como para fins de irrigação), fator principal de motivação para o desenvolvimento deste trabalho.

Eis porque se buscou aplicar uma sistemática de interpretação de produtos de sensoriamento remoto capaz de determinar áreas estruturalmente propícias à captação e possível armazenamento de água. A estratégia adotada consiste basicamente na análise do padrão de fraturamento regional, assim como na caracterização de áreas anômalas em diferentes níveis de detalhamento, tendo como ponto de partida a interpretação visual de imagens fotográficas e como respaldo dados de referência, tais como dados de campo e material bibliográfico em geral.

Além da apresentação da sistemática empregada, o presente trabalho descreve os resultados de sua aplicação nas **Microrregiões Homogêneas Curimataú (MRH91)** e **Seridó Paraibano (MRH90)**, visando minimizar a carência de informações sobre os recursos hídricos subterrâneos e servindo de suporte de consulta para os Governos Federal, Estadual e Municipal no tocante à tomada de decisões que venham contribuir para a solução de problemas provocados pela escassez de recursos hídricos que assola com frequência aquela região.

1.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Identificação de áreas propícias à pesquisa de água subterrânea, nas Microrregiões Homogêneas Curimataú (MRH91) e Seridó Paraibano (MRH90).

1.2 OBJETIVOS GERAIS

- ✓ O levantamento e a compilação de material bibliográfico significativo dentro do contexto abordado;
- ✓ A interpretação visual de produtos orbitais sob a forma de impressos fotográficos;
- ✓ Determinação do relacionamento genético e espacial entre os principais sistemas de fraturamento e os vários eventos tectônicos da área de estudo através do tratamento qualitativo dos fotolineamentos;
- ✓ Realização de trabalho de campo para checagem e correção das informações obtidas na fotointerpretação, através da descrição de afloramentos e de medidas detalhadas das fraturas;
- ✓ Geração de *overlays* para a confecção de mapas nos formatos convencional e digital;
- ✓ Confecção de mapas finais nos formatos convencional e digital;
- ✓ Análise dos dados de poços profundos existentes na área de estudo, para a aferição das avaliações das áreas selecionadas como prioritárias à pesquisa de água subterrânea;
- ✓ Georreferenciamento da associação dos dados extraídos dos produtos de sensoriamento remoto com os dados de campo, a partir do Sistema Geográfico de Informações (SGI - INPE/ENGESPAÇO).

1.3 O TRABALHO E O CONTEXTO GERAL

Este trabalho pode ser inserido em um contexto mais abrangente da interação do homem com fenômenos ocorrentes em áreas estruturalmente adequadas à captação e possível armazenamento de água, visando a identificação de áreas propícias à pesquisa de recursos hídricos subterrâneos.

Em nível acadêmico, este trabalho compreende a compilação de um documento contendo uma sistemática de interpretação de um produto orbital, que

poderá servir de referência para novas pesquisas, bem como para estudos críticos sobre sua validade em aplicações específicas similares ou não, visando a proposição de abordagens de interpretação mais eficazes. No campo prático, os resultados ora apresentados poderão servir de instrumento de consultas pelos Governos Federal, Estadual e Municipal, no tocante a tomadas de decisões que venham contribuir para a solução de problemas provocados pela escassez de recursos hídricos que assola com freqüência a área de estudo considerada.

Diversos estudos têm empregado a metodologia de interpretação aqui apresentada, dentre os quais são citados, nos próximos parágrafos, alguns daqueles voltados para a Região Nordeste, especificamente em áreas de domínio das rochas do Embasamento Cristalino.

SAMPAIO (1987), em seu trabalho de Dissertação de Mestrado, estudou os fraturamentos como subsídio à pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe a partir da utilização de dados de sensoriamento remoto, tendo identificado 27 áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea na porção centro-oeste do Estado de Sergipe.

GUEDES (1993), empregando procedimento similar em seu trabalho de Dissertação de Mestrado, estudou a aplicação de dados de sensores remotos de baixa resolução espacial na pesquisa de água subterrânea, tendo elegido como área de estudo a Bacia do Rio do Peixe e adjacências (PB, CE e RN). Como resultado, foram identificadas 36 áreas propícias à pesquisa de água subterrânea.

SILVA NETO (1993), em seu trabalho de Dissertação de Mestrado, enfocou a avaliação dos recursos hídricos e do uso da terra na Bacia do Alto Rio Sucuru, com base em imagens TM/LANDSAT-5, tendo adotado a mesma sistemática de análise considerada neste trabalho, o que resultou na identificação de 13 áreas propícias à pesquisa de água subterrânea.

WANDERLEY (1995), em seu estudo monográfico, aplicou técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise de fotoalinhamentos como subsídio à pesquisa de água subterrânea, tendo apontado 8 áreas propícias no extremo norte do Estado de Sergipe, na região polarizada por Canindé do São Francisco.

Convém ressaltar abaixo, as contribuições advindas deste trabalho ao acervo de soluções e metodologias iniciado pelos trabalhos acima citados:

- ✓ Atualização bibliográfica;
- ✓ Validação do projeto de pesquisa proposto;
- ✓ Geração de uma base inicial de dados digitais para o começo de uma nova fase de trabalhos baseados no uso de Sistemas de Informação Geográfica;
- ✓ Utilização do software SURFER, no processo de interpolação de dados dos elementos dos fotolineamentos.

✓ Continuação de pesquisa na área de estudo, utilizando este suporte.

1.4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está situada na região Nordeste do Brasil (Figura 1.1), entre os meridianos $36^{\circ}00'00''$ e $36^{\circ}30'00''$ à oeste de Greenwich e os paralelos $6^{\circ}15'00''$ e $7^{\circ}00'00''$ de latitude sul, compreendendo as folhas cartográficas da SUDENE de Picuí (SB.24-R-IV) e Santa Cruz (SB.24-Z-B-III) na escala de 1:100.000, num total de aproximadamente $4.563,66 \text{ Km}^2$.

A área engloba partes dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, atingindo total ou parcialmente os municípios de Jaçanã, Coronel Ezequiel, São Bento do Trairi, Santa Cruz, Campo Redondo e Currais Novos, no Estado do Rio Grande do Norte; e os municípios de Picuí, Nova Palmeira, Pedra Lavrada, São Vicente, Olivedos, Cubati, Frei Martinho, Cuité, Nova Floresta e Barra de Santa Rosa, na Paraíba. Entretanto, a ênfase do trabalho é dada aos municípios do Estado da Paraíba, componentes das Microrregiões Homogêneas Curimataú (MRH-91) e Seridó Paraibano (MRH-90).

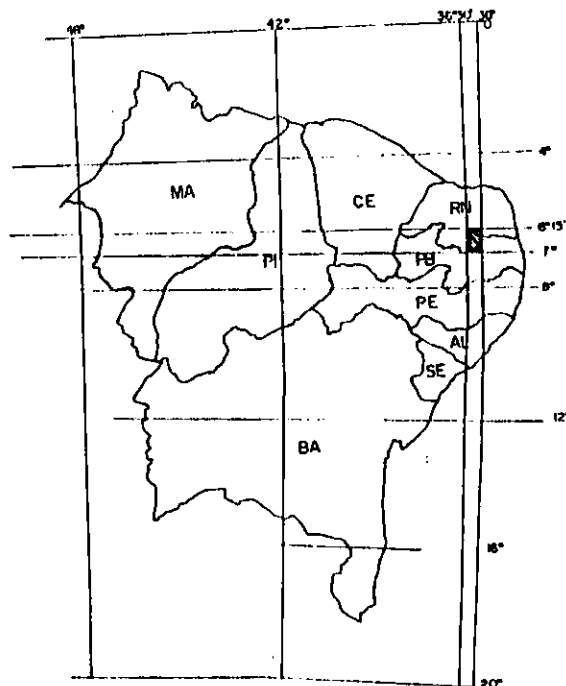


Figura 1.1 - Localização da área de estudo.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 2, é feito um encadeamento da composição teórica do presente trabalho, oferecendo ao leitor uma visão ampla da área de estudo (base física da área de trabalho). Este embasamento teórico é complementado com as referências bibliográficas.

No capítulo 3, descreve-se os materiais utilizados e seus recursos, bem como, uma combinação interdisciplinar de metodologias envolvidas no desenvolvimento deste trabalho.

No capítulo 4, descreve-se os resultados e discussão da sistemática de interpretação dos produtos orbitais associados a dados bibliográficos e de campo, como também, do sistema de geoprocessamento no processo de digitalização dos dados apresentados sob a forma convencional (nanquim sobre papel vegetal).

No capítulo 5, conclusões e considerações finais, e sugestões para trabalhos futuros são apresentados.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Este capítulo apresenta um conteúdo de cunho teórico sobre os aspectos fisiográficos, geológicos e econômicos da área de estudo, com base em dados bibliográficos e informações obtidas durante os trabalhos de pesquisas realizados em campo.

2.1 CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen (BRASIL 1972), o clima predominante na área de estudo é do tipo **Bsh**: semi-árido quente. Compreende uma das áreas mais secas do Estado da Paraíba, com precipitações pluviométricas médias anuais muito baixas (em torno dos **400mm**) e uma estação seca que pode atingir 11 meses, com temperaturas médias nunca inferiores à **24°C**.

A tabela 2.1 apresenta a classificação climática de Gausсен para a área de estudo, BRASIL (1972).

TABELA 2.1

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE GAUSSEN

TIPO	DESCRIÇÃO
2b	<i>Subdesértico</i> - clima predominante na área, é quente de caráter tropical-equatorial. O índice xerotérmico varia de 200 a 300 com um período seco variando de 9 a 11 meses.
4aTh	<i>Termoxeroquimênico acentuado</i> - tropical de seca acentuada, com estação seca longa, de 7 a 8 meses e índice xerotérmico entre 150 e 200 .
3bTh	<i>Termomediterrâneo médio</i> - (<i>mediterrâneo quente ou nordestino de seca média</i>). Apresenta estação seca média de 5 a 7 meses e índice xerotérmico variando de 100 a 150 .
3aTh	<i>Xerothermomediterrâneo</i> - (<i>mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada</i>). Estação seca variando de 7 a 8 meses e índice xerotérmico entre 150 e 200 .

A tabela 2.2 apresenta os dados climáticos de acordo com FIPLAN (1980), das **Microrregiões Homogêneas Curimataú (MRH91) e Seridó Paraibano (MRH90)**, com as ressalvas de que na Microrregião Seridó Paraibano em anos secos a precipitação média anual é de 187 a 208 mm e que na Microrregião Curimataú (MRH91), na chapada do município de Cuité a precipitação média anual ultrapassa os 800 mm.

TABELA 2.2

ELEMENTOS CLIMÁTICOS DAS MICRORREGIÕES DA ÁREA DE ESTUDO

MICRORREGIÃO	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C)	EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)	DEFICIÊNCIA HÍDRICA MÉDIA ANUAL (mm)
SERIDÓ PARAIBANO (MRH90)	370	26	1.400	920
CURIMATAU (MRH91)	550	24	1300	638,5

2.2 GEOMORFOLOGIA

A área em estudo, apresenta as seguintes unidades morfológicas, conforme BRASIL (1972):

2.2.1 Planalto da Borborema

2.2.1.1 Frentes do Planalto

Domínio de relevo forte ondulado e montanhoso, com vales profundos em forma de "V", as diferenças altimétricas locais são de 100 a 200 m e até maiores, quando mais próximas da escarpa.

2.2.1.2 Superfície do Planalto ou Superfície dos Cariris

Domínio de relevo suave ondulado e ondulado. Dois níveis podem ser destacados no contexto geral desta superfície: um nível superior, ao norte, em torno de 600 m, e outro ao sul, um pouco mais baixo, entre 400 e 500 m. A

transição do primeiro para o segundo processa-se de modo mais ou menos suave e a separação dos dois degraus mostra-se ora mais ora menos nítida ao longo da superfície.

2.2.1.3 Restos de Capeamento Sedimentar Elevados

Domínio de relevo plano, confere aspecto bem característico às elevações, sendo facilmente determinada pelo aspecto plano dos topos por eles revestidos.

2.2.2 Outras Áreas Cristalinas Elevadas - Inclusão de Maciços Residuais e Inselbergues

Maciços Residuais - Abrangem áreas relativamente amplas, onde se verifica relevo desde ondulado até montanhoso. Estes maciços atingem elevadas altitudes (superiores a 700 m), o que determina alteração de condições climáticas, posto que se opõem ao deslocamento das correntes aéreas.

Inselbergues - Elevações de constituição granítica e/ou gnaíssica, de porte variado, destacando-se isoladas ou não. Estas elevações exibem a rocha nua ou com escasso revestimento constituído por espécies rupestres, localizado nas pequenas plataformas ou reentrâncias, onde se acumula delgada camada de detritos.

2.3 VEGETAÇÃO

De acordo com BRASIL (1972), ocorrem na área de estudo as seguintes formações vegetais:

2.3.1 Formação Florestal

Floresta Subcaducifólia - Ocorre por influência da altitude, surge clima local menos seco, que favorece o seu desenvolvimento, como nas Serras de Cuité e Bombocadinho.

Esta formação vegetal apresenta-se sempre com porte arbóreo em torno de 20 m. Os caules geralmente são retilíneos, claros, de esgalhamento alto e predominam as árvores de folhas miúdas. Na estação seca parte dos indivíduos pode perder a folhagem.

As espécies vegetais arbóreas encontradas com mais frequência são: pau-d'arco-amarelo (*Tabebuia chrysotricha*); timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*); catolé (*Syagrus deracea*); frei jorge (*Cordia trichotoma*).

As florestas subcaducifólias encontram-se praticamente devastadas, sendo sua área utilizada para os cultivos de feijão, milho, agave e fruticultura.

2.3.2 Caatinga

Caatinga Hipoxerófila - Ocorre em zona de clima menos seco que o semi-árido típico. Apresenta-se normalmente com porte arbóreo e com menos frequência arbóreo-arbustivo.

As espécies vegetais mais encontradas são: catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*); canafistula (*Cassia excelsa*); umbuzeiro (*Spondias tuberosa*); braúna (*Schinopsis brasiliensis*); aroeira (*Astronium urundeuva*); juazeiro (*Ziziphus joazeiro*); mandacaru (*Cereus jamacaru*); jurema (*Mimosa sp.*); marmeleiro (*Croton sp.*).

O xique-xique (*Pilosocereus gounellei*) e macambira (*Bromelia laciniosa*), têm sua frequência restrita as áreas mais pedregosas e rochosas.

Caatinga Hiperxerófila - Apresenta grau mais acentuado de xerofitismo. Ocorre na zona tipicamente semi-árida.

A vegetação é do tipo arbustivo, com densidade variável e na maioria das vezes, com substrato rico em cactáceas e bromeliáceas.

As espécies vegetais que predominam na área são: pereiro (*Aspidosperma pyriformium*); umburana-de-cambão (*Bursera leptophloeos*); mofumbo (*Combretum leprosum*); favela (*Cnidocolus phyllacanthus*); pinhão brabo/pinhão (*Jatropha pohliana*); quixabeira (*Bumelia sertorum*); xique-xique (*Pilosocereus gounellei*); coroa-de-frade (*Melocactus sp.*); palmatória braba (*Opuntia palmadora*); macambira (*Bromelia laciniosa*); caroá (*Neoglaziovia variegata*); catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*); capim panasco (*Aristida sp.*); umburana-de-cheiro (*Torresea cearensis*); Bom nome (*Mytenus rigida*); mororó (*Bauhinia heterandra*).

Segundo MINTER (1984), além das espécies vegetais mencionadas acima, predominam ainda: jurema preta (*Mimosa hostilis*); umburana-de-cheiro (*Torresea cearensis*); imbiratanha (*Bombax sp.*); velame (*Croton argyrophyttoides*); pau-ferro/jucá (*Caesalpinia ferrea*); sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*); facheiro (*Pilosocereus piauhyensis*).

2.4 SOLOS

De acordo com BRASIL (1972), são encontrados na área de estudo os seguintes solos:

SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO (NÃO HIDROMÓRFICOS)

LVd2 - LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média fase floresta subcaducifólia relevo plano.

LVe1 - LATOSOL VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO textura argilosa fase floresta subcaducifólia relevo plano.

SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL E ARGILA DE ATIVIDADE ALTA (NÃO HIDROMÓRFICOS)

NC6 - Associação de: BRUNO NÃO CÁLCICO vértico fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnáisse e granito.

PLANOSOLS

PL2 - Associação de: PLANOSOL SOLÓDICO com A fraco fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnáisse e granito.

SOLOS HALOMÓRFICOS

SS2 - Associação de: SOLONETZ SOLODIZADO textura média fase caatinga hiperxerófila plano e suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado substrato gnáisse e granito.

SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS (NÃO HIDROMÓRFICOS)

Re2 - SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato filito e xisto.

Re3 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato biotita-xisto e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re4 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato biotita-xisto e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re5 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnáisse e granito e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re6 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato biotita-xisto e BRUNO NÃO CÁLCICO vértico fase pedregosa hiperxerófila relevo suave ondulado.

Re12 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnáisse e granito e PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO raso textura média cascalhenta fase caatinga hipoxerófila relevo ondulado e forte ondulado e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re16 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnáisse e granito e SOLONETZ SOLODIZADO textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re17 - Associação de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo ondulado e ondulado substrato gnáisse e granito e SOLONETZ SOLODIZADO textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.

Re18 - Associação complexa de: SOLOS LITÓLICOSEUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosacaatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnáisse e granito e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Re21 - Associação complexa de: SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo forte ondulado e montanhoso substrato quartzito e AFLORAMENTOS DE ROCHA.

Ree2 - Associação de: REGOSOL EUTRÓFICO com fragipan fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado substrato gnáisse e granito.

Ree4 - Associação de: REGOSOL EUTRÓFICO com fragipan fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICOS com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e ondulado substrato gnáisse e granito.

2.5 GEOLOGIA

Segundo PARAÍBA (1982), a área de estudo em termos geológicos está representada pelas unidades lito-estratigráficas abaixo:

PRÉ-CAMBRIANO

Pré-Cambriano Indiviso

Pré-Cambriano Superior

ROCHAS EFUSIVAS MESO-CENOZÓICAS

CENOZÓICO

2.5.1 Pré-Cambriano Indiviso

A área em estudo, apresenta as unidades estratigráficas do Pré-Cambriano Indiviso, conforme descrição a seguir:

2.5.1.1 Complexo Gnáissico-Migmatítico (p \in gn)

Segundo EBERT (1970), FERREIRA & ALBUQUERQUE (1969), BARBOSA & BRAGA (1974), e BARBOSA et al. (1970), as rochas do Complexo Gnáissico Migmatítico se distribue largamente por toda a região estudada, compreende um grupamento de litotipos de alto grau metamórfico (fácies anfibolito e mais raramente granulito), predominando gnáisses, migmatitos e granitos, incluindo ainda leptinitos e ortoanfibolitos comumente estéreis.

Na área de estudo, as rochas de Complexo Gnáissico-Migmatítico, ocorrem nas porções leste, nordeste e sudeste (Anexo A).

2.5.1.2 Rochas Granitóides (p \in gr)

As rochas granitóides relacionadas ao Pré-Cambriano Indiviso, ocorrem encaixadas no Complexo Gnáissico-Migmatítico, mostrando, na

maior parte das vezes, um contato gradativo com as encaixantes e constituem corpos elipsoidais, de formas irregulares e dimensões variadas.

Segundo MEDEIROS LIMA et al. (1980), nos quadrantes NE e NW do Estado, nas regiões situadas ao norte do Lineamento Patos de EBERT (1961/1962), predominam granitos e granodioritos grosseiros e porfiróides, contendo no seu interior zonas de granitos finos a médios equigranulares e zonas de migmatitos de estrutura nebulítica e anatexítica, principalmente nas bordas. Ocorre ainda a presença de tonalitos e monzonitos.

Ao sul daquele lineamento, os corpos granitóides apresentam aspecto lenticular e se dispõem segundo a direção E-W, concordantemente com os traços da foliação e com as grandes falhas regionais.

Na área de estudo, as rochas ocorrem à leste e sudeste de São Vicente do Seridó, norte e noroeste de Olivedos, região central e norte de Cubati, leste de Nova Palmeira e região central da área de estudo (Anexo A).

2.5.2 Pré -Cambriano Superior

Na área de estudo, observa-se as seguintes unidades lito-estratigráficas:

2.5.2.1 Grupo Seridó (p∈As)

Na área de estudo o Grupo Seridó está representado pelas formações: Equador, Jucurutu e Seridó.

A) Formação Equador (p∈Ase)

De acordo com os conceitos atuais, esta constitui a unidade basal da seqüência supracrustal da região do Seridó, representada essencialmente por rochas muscovitas-quartzíticas com fácies arcoseana a pura, itabiritos contendo, no topo, um metaconglomerado, que segundo MEDEIROS LIMA et al. (1980), constitui-se no maior registro litológico de discordância erosiva na região do Seridó. Próximo ao topo da seqüência, ocorrem pequenas lentes de metaconglomerado oligomítico que, segundo aqueles autores, representam *os primeiros indícios de desequilíbrio tectônico que atingiram seu paroxismo na subseqüente deposição de meteconglomerados polimíticos.*

Na região situada a oeste de Frei Martinho, nos limites com o Rio Grande do Norte, conforme Anexo A, encontram-se encaixadas em núcleos anticlinoriais, sendo separados da Formação Seridó através da estreita faixa gnáissica

da Formação Jucurutu e exibem um relevo bem acidentado, contrastante com o relevo regional, constituindo a Serra do Chapéu.

B) Formação Jucurutu (p∈Asj)

O termo *Jucurutu* foi aplicado por FERREIRA (1967), para designar um gnáisse cinza azulado contendo inúmeras lentes de epidoto uniformemente distribuídas e que podem evoluir até formar tactitos mineralizados em scheelita. Este termo, englobaria ainda importantes lentes de calcário cristalino quase sempre associados a tactitos scheelitíferos e teria grande expressão regional, sendo, no entanto, melhor representado na região homônima.

Segundo o conceito de MEDEIROS LIMA et al. (1980), definido em função de seu posicionamento lito-estrutural, a Formação Jucurutu inclui gnáisses epidotíferos, biotita-hornblenda gnáisses, hornblenda gnáisses, gnáisses migmatizados e migmatitos diversos, nos quais se intercala um nível de mármore quase sempre associado a horizontes de calcissilicáticas e paranfibolitos com scheelita. Os termos migmatizados incluídos pelos citados autores na Formação Jucurutu, foram considerados, no presente trabalho, como unidades do Complexo Gnáissico-Migmatítico, conforme observações contidas no item referente a este complexo.

Na área de estudo, as rochas da Formação Jucurutu são encontradas a noroeste de Frei Martinho, leste de Pedra Lavrada e oeste de Cubati, segundo Anexo A.

C) Formação Seridó (p∈Ass)

De acordo com MEDEIROS LIMA et al. (1980), a Formação Seridó corresponde o topo da seqüência metassedimentar do grupo homônimo, sendo constituída por xistos de dois fácies metamórficos que, apesar de mostrarem certa variação litológica, conservam as características gerais predominantemente pelíticas. Os autores mencionados individualizaram, dentro desta formação, duas unidades: a primeira, denominada genericamente de biotita xistos e incluindo biotita quartzo-granada xistos, biotita-plagioclásio-quartzo-granada xistos, e biotita-cordierita-sillimanita xistos, estaurolita, andaluzita; e a segunda, englobando muscovita xistos, filitos e metassiltitos, sendo cartografável apenas no Rio Grande do Norte.

As rochas da Formação Seridó ocorrem nas porções oeste e norte da área de estudo e a nordeste de Olivedos, conforme Anexo A.

2.5.2.2 Rochas Plutônicas Granulares e Filonianas

De acordo com CDRM (1982b), as rochas plutônicas granulares estão representadas na área de estudo, por um grupo de rochas granitóides:

- a) Granitos, tonalitos, monzonitos, granodioritos-
(p∈Agr);
- b) Granitos alcalinos-(p∈Agra);
- c) Granitos pegmatóides-(p∈Agrp);

Estas rochas afloram principalmente na faixa Junco do Seridó - Pedra Lavrada, constituindo plutons isolados, destacando-se entre eles o do Alto do Remédio, situado cerca de **20 Km** a nordeste de Junco do Seridó, Anexo A.

Na região de Olivados, Anexo A, os granitos alcalinos constituem corpos alongados em formas de cristas, intrudidos na zona de falha do Lineamento Patos, posicionados no contato entre a formação Seridó e o embasamento gnáissico-migmatítico ou encaixados dentro do embasamento, mostrando um contato brusco com as encaixantes e nitidamente concordantes com a lineação regional **ENE-WSW**. São predominantemente leucocráticos de granulação média e apresentam-se orientados nas bordas e um tanto deformados tectonicamente, devido a reativações dos falhamentos a que estão associados. Algumas vezes, observam-se nas bordas dos corpos, intercalações de biotita xistos e gnáisses das formações Seridó e Jucurutu, respectivamente, e estruturas schiieren, sendo este comportamento melhor evidenciado no maciço granítico de Algodão, localizado a este-nordeste de Olivados, PARAÍBA (1982).

De acordo com PARAÍBA (1982), as rochas filonianas encontram-se representadas, principalmente, pelos pegmatitos que ocorrem em profusão nas regiões de Frei Martinho, Picuí, Nova Floresta e Pedra Lavrada, constituindo paredões tabulares muitas vezes com aspecto ruiforme, inseridos na área de domínio dos biotita xisto granadíferos da Formação Seridó. Apresentam grande importância econômica, tendo em vista encerrarem mineralizações em Berilo, Tantalito-Nióbio e Estanho.

2.5.3 Rochas Efusivas Meso-Cenozóicas

Encontram-se agrupadas nesta unidade, as rochas balsáticas-diabásicas (Tdb) que ocorrem principalmente nas regiões de Cubati, Boa Vista e Qucimadas, além das efusivas ácidas aflorantes na região de Itaporoca, PARAÍBA (1982).

Cerca de **5 Km** a nordeste de Cubati, ENNES & SANTOS (1975) cartografaram um expressivo derrame balsático que, segundo MEDEIROS LIMA et

al. (1980), constituem as maiores expressões topográficas de derrames encontrados nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, ensejando a formação de manchas escuras de contornos irregulares, com menor espessura na periferia, onde predominam solos argilosos escuros. Nas porções mais centrais dessas manchas, ocorrem uma grande quantidade de blocos basálticos e diabásicos arredondados, (devido a intensa foliação esferoidal a que foram submetidos), representados por rochas de coloração escura, levemente esverdeada com textura microfanerítica (basalto) e afanítica (diabásio), compostas de plagioclásio (labradorita), augita, olivina, carbonato e opacos.

MEDEIROS LIMA et al., (op. cit.), relacionam ainda estes derrames ao *Vulcanismo Cabugi*, considerado pelos diversos autores que o tem estudado como de idade terciária.

2.5.4 Cenozóico

2.5.4.1 Formação Campos Novos (Tcn)

HOLDER NETO & SILVA (1973/1974) formalizaram com esta denominação a unidade lito-estratigráfica observada nos arredores das fazendas Campos Novos e Campinhos, na região Cubati-Pedra Lavrada, caracterizada por uma seqüência argilo-arenosa com 8,5 metros de espessura, instalada em depressões do embasamento (recoberta pelos derrames basálticos), constituída por arenitos grosseiros silicificados e fossilíferos, na base, sotopostos a um pacote de argilas variegadas, mostrando estratificação paralela.

MEDEIROS LIMA et al. (1980) cartografaram um depósito semelhante da fazenda Timbaúba, ainda da região de Cubati, e distinguiram uma seqüência com espessura variável entre 6 e 20 metros, representada essencialmente por argilas verdes, cremes e roxas, contendo intercalações de arenitos silticos e níveis mais argilosos, além de arenitos grosseiros, silicificados, fossilíferos (gastrópodes e troncos de madeira "*silicificada*") na base.

2.5.4.2 Grupo Barreiras

Na área de estudo, o Grupo Barreiras se acha representado pela Formação Serra dos Martins (Tbsm).

Segundo BARBOSA & BRAGA (1973/1974), nas áreas mais interioranas da Paraíba, principalmente nas regiões de Cuité-Nova Floresta e Barra de Santa Rosa, a Formação Serra dos Martins, constitui chapadas de relevo plano-ondulado, mostrando contornos irregulares e escarpas abruptas, fortemente ravinadas. Representantes desta formação são encontrados ainda nas regiões de Nova Palmeira,

Picuí, Olivedos e Frei Martinho (capeando os quartzitos da Serra do Chapéu) constituindo pequenas mesetas, que correspondem provavelmente às formas residuais de uma antiga capa contínua que foi dissecada e erodida.

De acordo com MEDEIROS LIMA et al. (1980), naquelas áreas, a formação está constituída por uma seqüência de sedimentos que se inicia por arenitos esbranquiçados, caulínicos, mal selecionados, localmente conglomeráticos **com cimento caulínico**. Apresentam ainda níveis endurecidos, provavelmente por silicificação, e intercalações irregulares de material argilo-síltico amarelo. A seção média a superior é representada por arenitos amarelos, vermelhos e roxos, finos a médios, mal selecionados, mostrando, freqüentemente, pontuações ferruginosas. Encerrando a seqüência ocorrem crostas lateríticas vermelho-arroxeadas, formadas por seixos de quartzo sub-angulosos e arredondados, de variados tamanhos, distribuídos numa matriz ferruginosa, constituindo verdadeiros brechóides.

2.5.4.3 Sedimentos Quaternários

Segundo ENNES & SANTOS (1975), as aluviões (Qa) constituem níveis topográficos distintos e escalonados, representados por sedimentos ainda em formação e por níveis mais antigos de terraços, afastados das margens e situados dois a três metros acima do leito vivo.

Foi verificado o desenvolvimento desta unidade em partes dos leitos dos rios Picuí e das Caraibeiras. Embora rios como o Seridó, o Letreiro, Souto e dos Cágados, apresentem também formação de aluviões, seus leitos estreitos não permitem a individualização na escala do trabalho.

Os leitos dos rios Picuí e das Caraibeiras são pouco desenvolvidos, apresentando largura média em torno de 30 metros. Nestes, as aluviões são representadas por material plástico grosseiro, mal selecionado e de cor esbranquiçada, onde os componentes principais são quartzo, feldspatos, palhetas de mica e diversos fragmentos carreados das rochas regionais. Frações menos grosseiras e incipientemente selecionadas são encontradas a medida que se afasta das margens, formando os terraços aluviais.

2.6 RECURSOS HÍDRICOS

2.6.1 Águas Superficiais

A área de estudo compreende as bacias dos rios *Seridó* e *Jacu*. A bacia do rio *Seridó* integra o sistema fluvial do *Piranhas* e o rio *Jacu* é considerada uma bacia isolada. Estas bacias drenam toda a área e a elas estão associados alguns

açudes, sendo que entre os principais podemos destacar os açudes **Caraiibeiras, Várzea Grande, Caldeirão, Picuí, Torrões e Cais**.

A bacia do rio *Seridó* (sub-bacia do rio Piranhas), está situada nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Sua superfície no Estado da Paraíba é de **3.396 Km²**, e se divide em duas partes denominadas setor leste e setor oeste. Limita-se no Estado da Paraíba com a bacia do Jacu, a leste; com as bacias do Espinharas e do Taperoá, ao sul; e com a do Médio Piranhas, a oeste.

A bacia está cortada pelo rio *Seridó*, que nasce na Paraíba, a oeste do Planalto da Borborema, nas imediações da Serra do Caldeiro. O rio conflui para o Piranhas-Açu, no Estado do Rio Grande do Norte. Seus principais tributários são os rios Picuí e *Seridó* e os riachos Quinturaré e Vazantes (setor leste, com **1.942Km²**), o rio Sabugi e os riachos Papagalo, São Domingos, Chafariz e Santa Maria (setor oeste, com **1.954 Km²**).

Esta bacia abrange total ou parcialmente as áreas territoriais dos municípios de Pedra Lavrada, São Vicente, Nova Palmeira, Cubati, Picuí, Frei Martinho, pertencentes a Microrregião Homogênea do *Seridó Paraibano (MRH90)*.

A bacia do Jacu possui sua nascente situada do quadrante nordeste do Estado da Paraíba, e a parte restante no vizinho Estado do Rio Grande do Norte. Está contida na Microrregião Homogênea do Curimataú (**MRH91**) e possui uma área de drenagem de **1.156 Km²** (dentro do Estado da Paraíba), com uma forma sensivelmente triangular. Está compreendida entre a bacia do *Seridó* a oeste e do Curimataú a leste e abrange os municípios, total ou parcialmente, de Cuité, Nova Floresta e Barra de Santa Rosa.

O *Sistema Jacu* é constituído pelo rio *Jacu*, rio do *Campo* e os riachos *Telha, Rita* e *Fortuna*, todos pela margem esquerda, não havendo afluentes de destaque pela outra margem. O rio *Jacu*, muda de nome para rio *Japi* ao atravessar a fronteira do Estado da Paraíba para o Rio Grande do Norte. Nasce no pico *Alto do Chapéu*, a uma altitude de **700 m** e desemboca no Estado do Rio Grande do Norte, **PARAÍBA (1994a)**.

Esses rios, de regime temporário, permitem a utilização agrícola de seus leitos na estação seca.

2.6.2 Águas Subterrâneas

Segundo **PARAÍBA (1994b)**, os recursos de água subterrânea resultam da interação do clima e seus elementos com a fisiografia do Estado, onde influi significativamente a sua constituição geológica. Por conseguinte, não há condição de formação de grandes mananciais, pois tanto as condições climáticas são adversas, evidenciada pelos resultados

negativos do balanço hídrico, quanto desfavorável é a fisiografia estadual, traduzida por solos pouco espessos, cobertura vegetal rala e de pequeno porte e formações rochosas de baixíssimas ou nenhuma permeabilidade, como é o caso das rochas ígneas e metamórficas que dominam a constituição do Estado.

A exceção a esse quadro adverso é a região costeira (Microrregião do Litoral Paraibano) onde, ao lado de um clima relativamente úmido, caracterizado por um significativo excedente hídrico anual, há uma constituição geológica adequada à acumulação e circulação de grandes contingentes de recursos hídricos e subterrâneos, além de outros elementos fisiográficos que concorrem favoravelmente como solo espesso, vegetação exuberante e relevo plano.

Na região semi-árida do Estado ocorrem algumas situações relativamente privilegiadas, em função, principalmente, de condicionamentos geológicos propícios, como nos casos das áreas onde se situam a Bacia Sedimentar do Rio do Peixe, dos capeamentos areníticos da Formação Serra dos Martins e dos depósitos aluviais que atapetam leitos e margens de rios e riachos constituintes da rede hidrográfica estadual, mormente daqueles integrantes da bacia do rio Piranhas.

A caracterização hidrogeológica do Estado é melhor visualizada quando a abordagem é feita por sistema aquífero, com suas condições intrínsecas de armazenamento e de recarga, circulação e descarga.

Na área de estudo, ocorrem os seguintes sistemas aquíferos: **Cristalino, Serra dos Martins e Aluvial** (Figura 2.3).

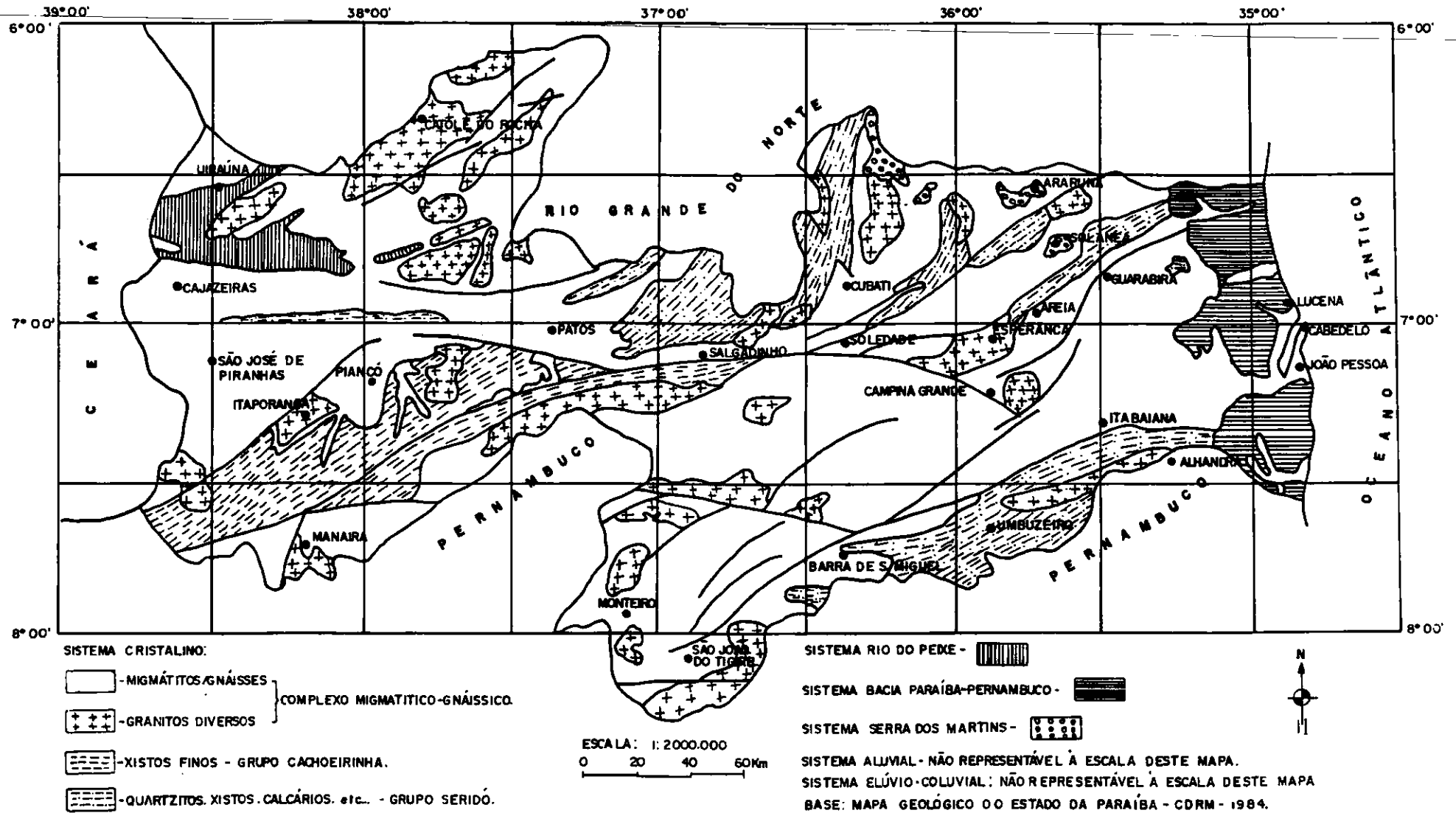


Figura 2.1 - Mapa de sistemas aquíferos do Estado da Paraíba

FONTE: PARAÍBA (1994).

2.6.2.1 O Sistema Aquífero Cristalino

Todo o conjunto de rochas cristalinas apresenta-se intensamente dobrado e falhado, com metamorfismo em graus variados, desde o alto até o incipiente; e, também, bastante fraturado, em razão de ter sido afetado por várias deformações tectônicas ocorridas em ciclos, fases e estágios diversos, datados principalmente do Pré-Cambriano, PARAÍBA (1994b).

O sistema cristalino somente se comporta como aquífero nas áreas onde se encontra fraturado ou profundamente alterado. Fora destes limites, a acumulação inexistente, funcionando a rocha como uma aquífugo, dada à sua permeabilidade praticamente nula. Trata-se de um sistema espacialmente muito descontínuo, do tipo livre, heterogêneo, anisotrópico, de dimensões limitadas às zonas fendilhadas e/ou alteradas, onde a recarga, a circulação e as descargas naturais são inquantificáveis no estágio atual de conhecimento da hidrogeologia dos terrenos fraturados, sendo discutível a ocorrência das condições de fluxo horizontal. A recarga deve se processar através do fluxo vertical de parcela da taxa de infiltração das águas pluviais, PARAÍBA (1994b).

2.6.2.2 O Sistema Aquífero Serra dos Martins

Por percolação, as águas pluviais infiltram-se, lentamente, indo acumular-se no interior dos sedimentos areníticos, a partir do seu contato com o embasamento cristalino, formando um sistema aquífero ainda não perfeitamente conhecido.

Pelo que se pode inferir das captações até aqui encetadas neste sistema, dois seriam os níveis aquíferos a formá-lo: um superior, acumulado acima do nível limonítico, objeto de captação por poços amazonas (diâmetros de até 5,0 m); outro, inferior, saturando o terço inferior da formação, a partir do embasamento cristalino.

O primeiro destes níveis teriam um comportamento hidrostático de aquífero livre, cuja superfície, interceptada por depressões do terreno, formaria lagoas que seriam afloramentos da superfície hidrostática. O segundo nível, objeto de perfurações de pequeno diâmetro (6 a 8"), apresenta uma espessura saturada média em torno de 10 m e também apresenta um comportamento hidrostático de aquífero livre, já que a litologia aquífera está sub-saturada e a superfície hidrostática não sofre a ação do peso das camadas rochosas impermeáveis e semi-impermeáveis sobrejacentes e do próprio nível aquífero superior. Concorre, também, para que este nível tenha o comportamento hidrostático de aquífero livre o fato deste apresentar um escoamento centrífugo, conforme atestam as fontes que emergem ao sopé das serras, onde o sistema aquífero ocorre, PARAÍBA (1994b).

Este sistema é, por condicionamento geomorfológico, espacialmente descontínuo, nas "serras" de Areia, Solânea, Araruna, Bombocadinho e Cuité/Nova Floresta, localizadas nos municípios paraibanos homônimos, sendo que,

esta última fração projeta-se também para o Estado do Rio Grande do Norte, ficando sua área dividida em partes iguais para os dois estados.

Em termos de área, estas exposições do sistema, no domínio territorial do Estado da Paraíba, não ultrapassam mais que 200 Km^2 , conforme (Tabela 2.3) abaixo, o que representa apenas 0,35% da área total do Estado e 0,4% da sua área semi-árida. O primeiro dos níveis aquíferos é captado somente na fração aquífera de Cuité/Nova Floresta, parecendo inexistir nas demais frações, PARAÍBA (1994b).

TABELA 2.3

EXPOSIÇÃO DO SISTEMA SERRA DOS MARTINS NO ESTADO DA PARAÍBA

MUNICÍPIOS	ÁREA DE EXPOSIÇÃO (Km^2)
Cuité	60
Araruna	50
Solânea	20
Areia	15
Bombocadinho (Cuité)	15

A espessura total dos sedimentos varia muito em cada uma destas frações aquíferas. Na exposição de Cuité/Nova Floresta, de 19 a pouco mais de 50 m. Na exposição de Bombocadinho, há registro de até 56 m de sedimentos, não se conhecendo tais espessuras nas demais, mas estimando-se que sejam muito diferentes. O que determina esta variação de espessura é a configuração morfológica do substrato cristalino impermeável, muito acidentada, PARAÍBA (1994b).

A espessura saturada do nível aquífero inferior somente é conhecida na exposição de Cuité: em média é de 10 m. O nível superior tem espessura saturada ainda desconhecida, PARAÍBA (1994b).

2.6.2.3 O Sistema Aquífero Aluvial

O sistema aquífero aluvial está contido nos depósitos de natureza fluvial, atuais e sub-atuais, que atapetam leitos e, às vezes, margens dos rios e riachos das bacias hidrográficas que drenam a área de estudo. São sedimentos detríticos, de granulometria variada, incoerentes, heterogêneos, extremamente porosos e francamente permeáveis, constituindo um sistema aquífero do tipo livre limitado, na base e lateralmente, por rochas cristalinas, relativamente impermeáveis, mesmo naqueles trechos onde o substrato se encontra fraturado, PARAÍBA (1994b).

As características dimensionais do sistema são pequenas a julgar pelo condicionamento geomorfológico das bacias. As espessuras, total e saturada, situam-se em torno de 6 e 4 m, respectivamente, tendo a litologia uma participação maior da fração argilosa.

Em razão das íntimas ligações com o sistema hidrográfico, o comportamento hidráulico dos aquíferos aluviais em termos de recarga, circulação e descarga é ditado por estas ligações. Com efeito, a grande parcela da recarga é feita pelos rios quando estes, em regime de cheias, adquirem condições piezométricas elevadas, capaz de favorecer a infiltração de parcela considerável de suas águas. A recarga se processa, também, por infiltração direta das águas pluviais precipitadas sobre os terraços aluviais que constituem as margens de rios e riachos, quando ainda são sujeitas à influência das enchentes, PARAÍBA (1994b).

A circulação é igualmente influenciada pelas relações entre os dois sistemas: o aquífero aluvial e o hidrológico. Infelizmente, não existe carga piezométrica a fim de se verificar se, pelo menos episodicamente, existe fluxo subterrâneo propriamente dito (*underflow*) direto ao mar. Só numa carta piezométrica de todo o sistema, em escala compatível com as suas dimensões, pelo menos na área do próprio rio principal, é que se pode elucidar tal questão, PARAÍBA (1994b).

Independente disto, é certo que existe fluxo no interior do mesmo, pelo menos na parte que se situa acima do talvegue dos rios, justamente quando as aluviões constituem suas margens (terraços aluviais), as quais após saturadas durante o período das chuvas com ou sem enchentes dos rios, pela inversão das relações de carga hidráulica entre os sistemas (verificada após período chuvoso), há a restituição, aos rios e riachos respectivos, da parcela armazenada nestas mesmas margens: são os seus escoamentos de base.

As parcelas do fluxo subterrâneo que saem na rede hidrográfica, e do fluxo subterrâneo direto ao mar, se é que existe, constituem as descargas naturais do sistema.

2.7 ASPECTOS ECONÔMICOS

2.7.1 Agricultura

A economia agrícola da área de estudo, fundamenta-se no plantio em sequeiro, nas culturas do milho, feijão, mandioca, fava, algodão arbóreo/herbáceo e sisal, em quase totalidade da área e, em menor proporção, o cultivo de plantas frutíferas como: cajueiro, coqueiro, mangueira, pinheira, jaqueira, umbuzeiro (nativo) e maracujazeiro (irrigado).

O processo produtivo se desenvolve através de atividades manuais, mecanização a tração animal e, em pequena escala, a tração mecânica.

Ultimamente, a produção e produtividade agrícola têm sido afetadas pela escassez e intermitência de precipitação pluviométrica.

2.7.2 Pecuária

A atividade pecuária é a grande responsável pela ocupação territorial da área em estudo. Dentre os rebanhos, o bovino é o que apresenta maior importância econômica, não só em efetivos, mas na geração de receitas para o produtor. A atividade pecuária está voltada para a produção de carne, em primeiro lugar; em segundo plano, encontra-se a produção de leite, PARAÍBA (1984a e b).

A atividade pecuária se dá em regime extensivo, sendo a principal fonte de alimentação representada por pastagens nativas, com pouca participação de espécies cultivadas, como o capim napier, a palma forrageira e forrageira arbórea (algaroba), às margens dos rios, PARAÍBA (1984a e b).

Com as últimas estiagens verificadas na área de estudo, a pecuária vem sofrendo uma redução drástica nos seus rebanhos. Predomina, em ordem de grandeza, o rebanho bovino, caprino, ovino e suíno. Os rebanhos de equinos, asininos e muares são insignificantes.

2.7.3 Agroindústria

Na área de estudo, existem duas indústrias de beneficiamento do caju (polpa e castanha).

2.7.4 Produção Mineral

Pratica-se, na área de estudo, exploração artesanal dos minerais: scheelita, berilo, bismuto, tassiterita, feldspatos, mica, quartzo róseo e

tantalita. Com o advento da seca, surgiram várias indústrias de transformação de argila (telha e tijolo).

Este segmento tem uma grande representatividade econômica para a área de estudo, participando de forma expressiva no mercado de trabalho e na renda regional.

2.7.5 Infra-Estrutura Físico-Social

A área em estudo é servida por rodovias (Federal, Estadual e Municipal) em bom estado de conservação durante todo o ano, o que facilita o transporte rodoviário de passageiros e cargas, interligando a área aos grandes centros produtores e consumidores.

A área é assistida por uma rede bancária oficial, sistemas de comunicações (TELECOMUNICAÇÕES - TELEFONIA/RÁDIO e CORREIOS), sistema de abastecimento d'água (CAGEPA), sistema de armazenamento, sistema de cooperativa, assistência técnica e extensão rural (EMATER), educandários escolares, sistema hospitalar, sistema de transporte rodoviário, entre outras infra-estruturas que atendem a contento à comunidade.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta o suporte material empregado e suas funções e descreve combinações metodológicas de interpretação e extração visual de informações, bem como metodologias de apresentação dos produtos gerados.

3.1 MATERIAIS

O suporte material necessário à realização deste trabalho constou de *material bibliográfico, produtos de sensoriamento remoto, folhas topográficas da SUDENE, Mapa Geológico do Estado da Paraíba e infraestrutura computacional.*

3.1.1 Material Bibliográfico

Foi efetuada uma ampla pesquisa bibliográfica, incluindo consultas a livros, publicações especializadas referentes a conhecimentos geológicos da área de estudo, além de estudo, análise e interpretação de aspectos regionais e temáticos presentes nos mapas da área disponíveis.

3.1.2 Produtos de Sensoriamento Remoto

O trabalho fundamentou-se no uso de produtos orbitais com apresentação fotográfica, obtidos através do sensor TM (*Thematic Mapper* - Mapeador Temático) do satélite LANDSAT-5. Foram utilizados dados multiespectrais nas bandas 3 (visível - vermelho) e 4 (infravermelho próximo), na escala 1:100.000, referentes à órbita 215, pontos 064 e 065, quadrantes D (data de passagem 11.NOV.85) e B (data de passagem 18.JUN.90), respectivamente.

As principais características dos produtos fotográficos utilizados, estão na Tabela 3.1.

TABELA 3.1

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FOTOGRÁFICOS

SENSOR	CARACTERÍSTICAS				
	CANAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL (Re)	RESOLUÇÃO ESPECTRAL (R)	SISTEMA SENSOR	TIPO
TM	3	30 m	0,63-0,69 μ m	Mapeador Temático (imageamento multiespectral)	p
	4	30 m	0,76-0,90 μ m	Mapeador Temático (imageamento multiespectral)	p

NOTA : m - metro
 μ m - micrômetro
 p - passivo

Maiores esclarecimentos sobre este sensor podem ser encontrados em LINTZ and SIMONETTI (1976), LILLESAND and KIEFFER (1978), SABINS Jr. (1978) e AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1983).

3.1.2.1 Dados Fundamentais

As características dos produtos orbitais sob a forma de impressos fotográficos utilizados no presente trabalho são inerentes às faixas do espectro eletromagnético imageadas pelos respectivos sensores (Figura 3.1), além de manter uma estreita relação com os recursos de imageamento por estes disponíveis.

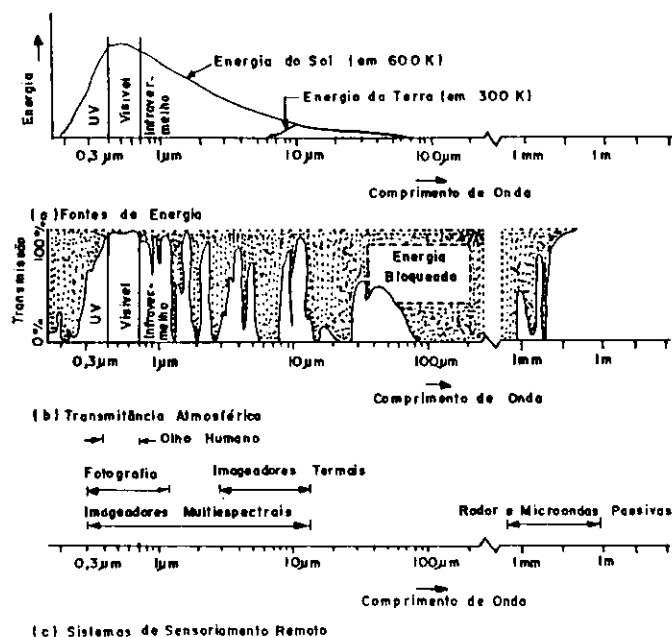


Fig. 3.1 - Características espectrais de fontes de energia eletromagnética, efeitos atmosféricos e sistemas sensores.

FONTE: LILLESAND & KIEFFER (1987), modificada por BARROS & QUEIROZ(1992)

A seleção do produto de sensoriamento remoto a ser utilizado em qualquer trabalho está diretamente relacionada com os objetivos desse trabalho, assim como com as características da área de estudo por ele abrangida. Os procedimentos (foto)interpretativos a serem adotados em um dado projeto, assim como os resultados consequentes do produto empregado durante sua execução são função, dentre diversos outros aspectos, das características desse produto e de suas limitações LILLESAND & KIEFFER (1987), GUEDES (1993).

As características dos produtos variam segundo os seguintes fatores:

- 1 - *Resolução* (espacial, espectral e temporal);
- 2 - *Tipo de plataforma* (aeronave, satélite, etc.);
- 3 - *Sistema de coleta de dados* (*passivos* : câmaras fotográficas, televisão, imageadores multiespectrais, etc.; *ativos* : radar).

Tais características devem ser observadas antes do início de qualquer trabalho que se respalde em dados de sensoriamento remoto, levando-se em conta tanto as limitações do produto eleito quanto os objetivos a serem atingidos, além das características da área abrangida pelo trabalho. São tais aspectos que deverão orientar a escolha do(s) tipo(s) de produto(s) a ser(em) empregado(s). Quando da utilização de produtos em pequena escala, caso em que se enquadra este trabalho, uma limitação fundamental refere-se às próprias estruturas geológicas, que deverão ser proeminentes o suficiente para que se possa obter uma contribuição efetiva desses produtos, GUEDES (1993).

Com relação aos produtos de sensoriamento remoto utilizados neste trabalho, deve-se, portanto, levar em conta os aspectos descritos a seguir.

A (Figura 3.1a) ilustra a distribuição espectral da energia emitida pelo Sol e por feições sobre a superfície da Terra. A (Figura 3.1b) mostra regiões espectrais nas quais a atmosfera bloqueia a energia interagente (regiões hachuradas). Observe que a aquisição de dados de sensoriamento remoto se restringe às regiões não bloqueadas espectralmente (janelas atmosféricas). Na (Figura 3.1c) observa-se que a faixa de sensibilidade espectral do olho humano (espectro visível) coincide simultaneamente com uma janela atmosférica e com o pico de energia do Sol. A energia emitida pela Terra sob a forma de calor (curva menor da (Figura 3.1a)) é sensoriada através das janelas de 3 a 5 μm e 8 a 14 μm mediante imageadores termais. Os imageadores multiespectrais atuam simultaneamente em faixas múltiplas e estreitas de comprimentos de onda localizadas ao longo das regiões espectrais do visível e infravermelho. Sistemas de microondas passivas e radares operam através de uma janela na faixa de 1mm a 1m.

a) Resolução Espectral

Os alvos naturais apresentam comportamentos espectrais característicos segundo suas capacidades de refletir a energia incidente sobre eles, LILLESAND & KIEFFER (1987), BARROS & QUEIROZ (1992), GUEDES(1993).

A reflectância espectral é a razão entre a energia refletida e a energia incidente sobre o corpo e caracteriza espectralmente cada alvo (Figura 3.2).

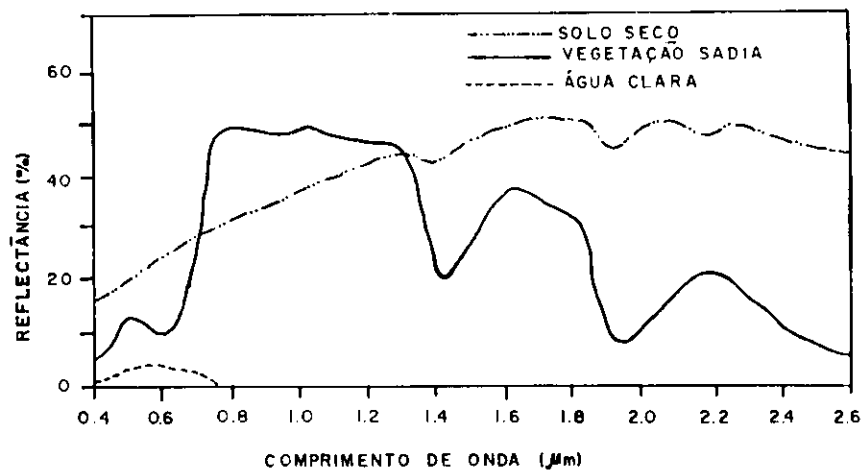


Fig. 3.2 - Curvas típicas da reflectância espectral para os principais alvos da superfície terrestre : solo, água e vegetação.
 FONTE: BARBOSA (1988);

Nas imagens fotográficas LANDSAT-5, variações na reflectância espectral são representadas sob a forma de variações na faixa de níveis de cinza dos elementos que compõem a matriz de imagem (*pixels*).

No caso das imagens de radar, não se pode falar em resolução espectral, já que as variações tonais dos produtos de radar estão relacionadas a variações na rugosidade do terreno.

b) Resolução Espacial

A tonalidade de cinza de cada ponto da imagem LANDSAT-5 corresponde ao valor da radiância do elemento de resolução no terreno (ERT), de dimensões em torno do valor médio de (79 x 79) m para o MSS (*Multispectral Scanner System*) e de (30 x 30) m para o TM (*Thematic Mapper*), RICHARDS (1986), LILLESAND & KIEFFER (1987), DRURY (1987), BARROS & QUEIROZ (1992), GUEDES (1993).

Grosso modo, a resolução pode ser considerada como a densidade de pontos discerníveis na imagem, GUEDES (1993).

Apesar desta característica ser pré-estabelecida para cada sensor, alvos que tenham dimensões menores que o ERT podem ser distinguíveis. Estradas, aluviões, matas e galerias são exemplos de feições que apresentam alto contraste em relação àquelas que lhes são vizinhas, possibilitando ao intérprete maior facilidade de discriminação. Por outro lado, o inverso também pode ocorrer. Unidades litológicas com características físico-químicas semelhantes e com cobertura vegetal homogênea, não são distinguíveis, mesmo que a espessura de seus estratos ultrapasse as dimensões mínimas exigidas pela resolução espacial do sistema VENEZIANI (1986).

c) Resolução Temporal

Muitos satélites de observação da Terra são postos em órbitas heliossíncronas, que orientam o plano da órbita do satélite uma posição que mantém uma relação angular constante com o feixe de radiação solar (Figura 3.3). A trilha do satélite é desviada na direção oeste em 15° a cada hora devido à massa e ao movimento de rotação da terra. Assim tal satélite passará sempre sobre a mesma área da superfície terrestre na mesma hora solar local, produzindo níveis de sombreamento e iluminação sazonais similares para cada região, característica essa que torna mais fácil as interpretações de imagens orbitais BARROS & QUEIROZ (1992), SILVA NETO (1993).

A resolução temporal relaciona-se à repetitividade de imageamento de uma mesma área do terreno, sendo para os satélites LANDSAT 1, 2 e 3 de 18 em 18 dias e para os satélites LANDSAT 4 e 5 de 16 em 16 dias, SILVA NETO (1993).

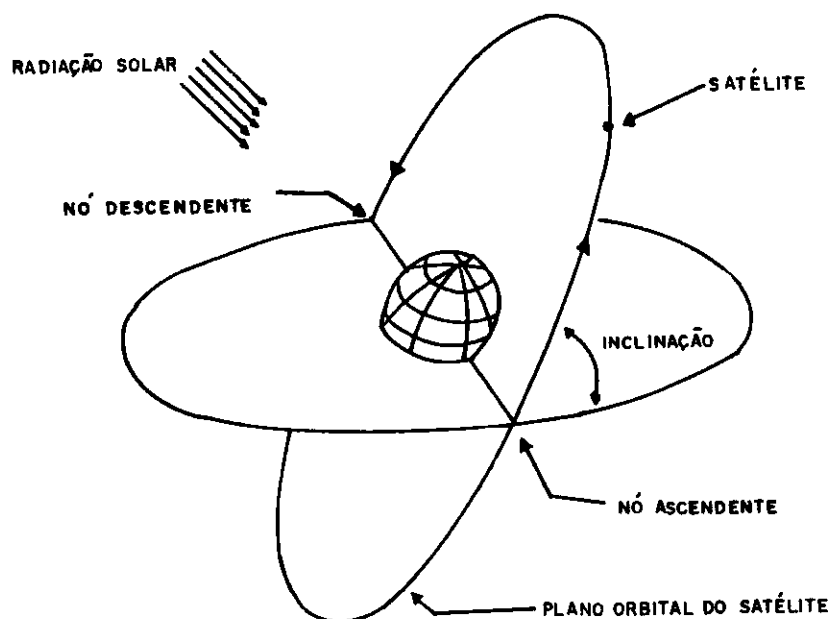


Fig. 3.3 - Inclinação da órbita de um satélite.

FONTE: MATHER (1987), modificada por BARROS & QUEIROZ(1992).

3.1.2.2 O Sistema TM/LANDSAT-5

O sensor **Thematic Mapper (TM)** é um dispositivo eletromecânico de imageamento que colhe informações a partir da varredura da cena em linhas normais ao movimento dos satélites LANDSAT 5 (Figura 3.4). Em cada varredura feita por espelho oscilante, o sensor coleta dados em ambas as direções de imageamento em áreas de (185 x 185) Km, onde são descritas 16 linhas que geram

faixas de 480 m de largura ao longo da trajetória do satélite, sendo a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos captada pelo sensor em 7 diferentes faixas de comprimento de onda. O Elemento de Resolução do Terreno (ERT) deste sensor possui dimensões médias de **aproximadamente (30 x 30) m** para as bandas do visível e infravermelho refletido, e **(120 x 120) m** na banda do infravermelho termal, BARROS & QUEIROZ (1992).

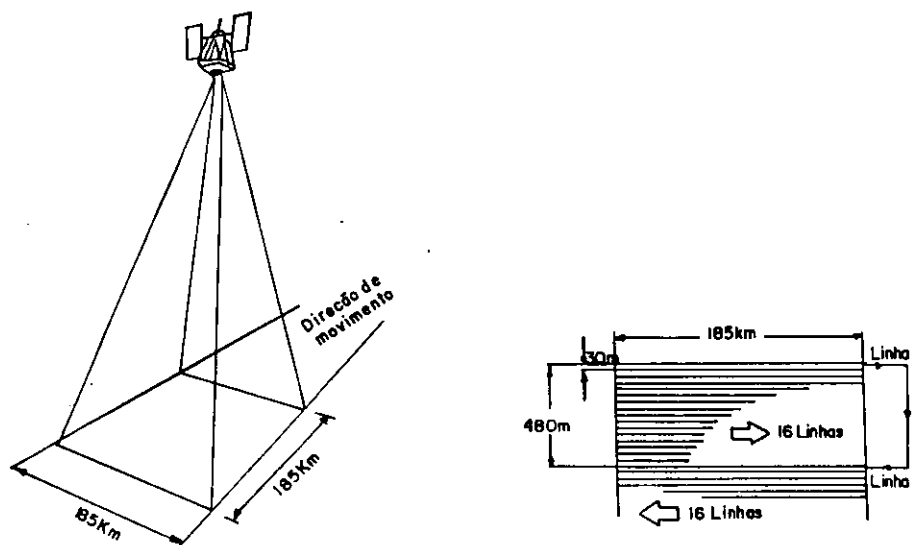


Fig. 3.4 - Sistema TM/LANDSAT e características de varredura do sensor.
 FONTE: RICHARDS (1986), modificada por BARROS & QUEIROZ (1992).

O **Mapeador Temático (TM)** é um dispositivo multiespectral de características espectrais, espaciais e radiométricas melhores que o sistema MSS (Multispectral Scanner System). Seus produtos são apresentados em 7 faixas espectrais: 3 na região do visível; 3 na região do infravermelho refletido e 1 na região do infravermelho termal, BARBOSA (1988).

De modo similar às imagens MSS, as imagens TM possuem a vantagem de poderem ser analisadas através do tratamento digital. MOORE & WATZ (1980) e BARBOSA (1984) descrevem alguns procedimentos que podem ser utilizados no realce de lineamentos em imagens LANDSAT.

As principais aplicações de cada uma das faixas espectrais do TM/LANDSAT-5 encontram-se condensadas na Tabela 3.2.

TABELA 3.2
APLICAÇÕES DAS BANDAS ESPECTRAIS DO TM

BANDA	COMPRIMENTO DE ONDA (μm)	LOCALIZAÇÃO ESPECTRAL NOMINAL	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
1	0,45 ~ 0,52	Azul	Penetração de corpos d'água; útil para mapeamento de águas costeiras; também utilizada para discriminação solo/vegetação, mapeamento de tipos florestais e identificação de características de cultura.
2	0,52 ~ 0,60	Verde	Medição do pico de reflectância da vegetação para discriminação de vegetação e avaliação do seu vigor; também útil para identificação de características de culturas.
3	0,63 ~ 0,69	Vermelho	Sensoriamento Remoto em uma região de absorção devido a presença de clorofila na vegetação, auxiliando na diferenciação de espécies vegetais também útil na identificação de características de culturas.
4	0,76 ~ 0,90	Infra-vermelho próximo	Determinação do vigor, da quantidade de biomassa e de tipos de vegetação; para o delineamento de corpos d'água e para a discriminação de umidade no solo.
5	1,55 ~ 1,75	Infra-vermelho médio	Indicativo do teor de umidade na vegetação e da umidade do solo; também útil para diferenciação de nuvens e de neve.
*6	10,4 ~ 12,5	Infra-vermelho termal	Útil na análise e estresse vegetal, discriminação de umidade do solo e aplicações genéricas de mapeamento termal.
*7	2,08 ~ 2,35	Infra-vermelho médio	Discriminação de tipos de rochas; também sensível ao teor de umidade da vegetação.

* As bandas 6 e 7 estão fora da sequência de comprimento de onda, porque a banda 7 foi incorporada ao TM fora e posteriormente ao processo de concepção do sistema.

FONTE: BARROS & QUEIROZ(1992), modificada de NASA(1984).

3.1.3 Folhas Topográficas da SUDENE

Foram usadas as seguintes folhas topográficas da SUDENE, na escala 1:100.000:

- ✓ *Folha Picuí* (SB.24-R-IV), impressa em 1970;
- ✓ *Folha Santa Cruz* (SB.24-Z-B-III), impressa em 1985.

Este material, serviu para extração da base planimétrica da área de estudo, complementação da rede de drenagem extraída das imagens TM/LANDSAT-5, utilizando-se as curvas de níveis.

3.1.4 Mapa Geológico do Estado da Paraíba

Este apoio material, executado pela CDRM (1982b), foi empregado na etapa de definição de lineamentos estruturais da área de estudo, bem como no processo de identificação de complexos rochosos, Anexo A.

3.1.5 Representação e Apresentação Convencional dos Dados

A utilização dos produtos orbitais TM/LANDSAT-5, associados às Folhas Topográficas da SUDENE, ao Mapa Geológico do Estado da Paraíba, às pesquisas bibliográficas, assim como às visitas de levantamento e reconhecimento de campo, tornou possível a realização da etapa de fotoanálise e, conseqüentemente, a de fotointerpretação, gerando de forma isolada e/ou integrada os “overlays” que possibilitaram a confecção dos seguintes mapas: **Mapa da Rede de Drenagem; Mapa da Rede de Drenagem e de Condicionantes Hidrogeológicos; Mapa de Fraturas e de Feixes de Fraturas; Mapa dos Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas; Mapa Geológico; Mapa Tectônico; Mapa de Caminhamento e Mapa Integrado.**

3.1.6 Infraestrutura Computacional

A infraestrutura computacional necessária durante a etapa de conversão dos dados convencionais para o formato digital consistiu basicamente de dois níveis de suporte: *físico*, caracterizado por todos os equipamentos utilizados no processo de entrada, processamento e apresentação final dos dados de interesse; e *lógico*, compreendendo todos os aplicativos que permitiram a execução de todas as atividades inerentes a este contexto.

3.1.6.1 Equipamentos

No processo de georreferência de um subconjunto dos dados coletados, extraídos e/ou inferidos dos produtos orbitais e cartográficos empregados neste trabalho, lançou-se mão dos recursos computacionais disponíveis no **Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da Paraíba (LMRS-PB)**, instalado no Campus II da UFPB - Campina Grande/PB. No tocante à digitalização e ao processamento do referido subconjunto de dados, empregou-se essencialmente duas estações gráficas baseadas em PC, a saber:

Estação 01 - Configuração Básica

☐ Microcomputador **PC Generation Intel 486 DX2-66**, drives de disco flexível de 5¼" e 3½", disco rígido de **330 Mb 13ms IDE**, RAM de **16 Mb**, terminal de vídeo **VIDEOCOMPO 1564-CD**, adaptador de vídeo **Compass CL- 5424VL 1 Mb**.

Estação 02 - Configuração Básica

☐ Microcomputador **ULTRA Pentium 75 Mhz**, drives de 3½" e **CD-ROM**, disco rígido de **570 Mb 13ms IDE**, RAM de **8 Mb**, terminal de vídeo **ENERGY 15"**, adaptador de vídeo **CL542X VGA 2Mb**.

No processo de entrada/saída e manipulação dos dados de interesse, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- ✓ Unidade de Visualização de Imagens (**UVI-340**), um suporte físico para o **SITIM/SGI-340 V.2.3**, 4 planos de **1020X1024 pixels**, **256** níveis de cinza (**8 bits/pixel**), desenvolvida pelo **INPE/ENGESPAÇO IND. COM. S/A**.
- ✓ Monitor de Visualização de Imagens **Sony GDM-2038 20" n/i S1GA**.
- ✓ Mesa digitalizadora **Summagraphics SUMMAGRID 1V**, formato **A0**.
- ✓ Traçador gráfico **HP Design Jet 650C**, formato **A0**.

3.1.6.2 Suporte Lógico - Aplicativos

No processo de interpolação dos elementos de relevo e drenagem para definição dos eixos de máximos de frequência de fraturas, foi empregado o aplicativo **SURFER v. 4.14**, desenvolvido pela **Golden Software. Inc.** 1989.

Na etapa de digitalização e processamento de dados cartográficos utilizou-se o **Sistema de Sensoriamento Remoto SR-340**, composto pelos módulos **Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-340)** e **Sistema Geográfico de Informações (SGI-340)**, desenvolvidos pelo **INPE/ENGESPAÇO IND. COM. S/A**.

3.1.7 Geoprocessamento e Dados Digitais

Geoprocessamento compreende o direcionamento de sistemas computacionais para a resolução de problemas específicos a áreas como Cartografia, Topografia, Planejamento Urbano e Rural, Geologia, Gerenciamento de Processos Agrícolas e Monitoramento de Recursos Naturais, dentre diversas outras, vem tornando possível a automação de tarefas antes executadas manualmente e facilitando análises complexas, graças à possibilidade de integração de dados de origens diversas (e.g. mapas, imagens orbitais, fotografias aéreas e cadastros, QUEIROZ (1994).

Os sistemas destinados ao processamento de dados referenciados espacialmente são comumente referidos como **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)** e empregados na manipulação de dados de diversas fontes, possibilitando a recuperação e o cruzamento de informações, bem como a realização dos mais diversos tipos de análise sobre os dados, ALVES (1990). Afim de ilustrarmos a metodologia de uso de um SIG, descrevemos a seguir o sistema SGI, utilizado como ferramenta para a construção de uma base digital envolvendo os dados analisados neste trabalho.

3.1.7.1 Sistema Geográfico de Informações (SGI-340 - INPE/ENGESPAÇO)

Desenvolvido na *Divisão de Processamento de Imagens (DPI)* do *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)* e implementado e comercializado pela *ENGESPAÇO IND. e COM. LTDA.*, o **Sistema Geográfico de Informações (SGI-340 - INPE/ENGESPAÇO)** é um ambiente de processamento de dados georeferenciados, que permite adquirir, armazenar, combinar, analisar e recuperar informações codificadas espacialmente.

A) Objetivos

SOUZA et alli (1990) enumeram os principais objetivos desse sistema como segue:

- ✓ Integração, numa única base de dados, de informações representativas de vários aspectos do estudo de uma região, e.g. altimetria, uso do solo e dados geoquímicos, dentre outros;
- ✓ Entrada de dados mediante diversas estratégias, tais como digitalização via mesas digitalizadoras, dados de imagens orbitais, produtos gerados a partir de restituidores, etc.;

- ✓ Integração de dados provenientes de diversas fontes, através de algoritmos de manipulação, permitindo a geração de novos tipos de informação;
- ✓ Geração de relatórios e documentos gráficos de diversos tipos, e.g. mapas em projeções e escalas diversas, modelos numéricos de terreno etc.;
- ✓ Uso dos recursos de processamento de imagem e classificação de padrões disponíveis no ambiente SITIM (SISTEMA DE TRATAMENTO DE IMAGENS).

B) Aplicações

Mapeamento

- ✓ Entrada, armazenamento e produção de documentos cartográficos;
- ✓ Atualização de mapas, inclusive com a utilização de imagens;
- ✓ Criação de base de dados geocodificados;
- ✓ Geração de modelos numéricos de terreno (MNT).

Geologia

- ✓ Digitalização, plotagem e visualização (2-D e 3-D);
- ✓ Geração de mapas geológicos combinando imagens de satélite, relevo (MNTs) e dados geoquímicos e geofísicos.

Planejamento Urbano e Regional

- ✓ Caracterização de sistemas urbanos (uso do solo, qualidade de vida);
- ✓ Localização de infra-estrutura (eletricidade, água, saneamento);

- ✓ Cadastro territorial urbano, com localizações geográficas e características de lotes;
- ✓ Simulação de impactos ambientais;
- ✓ Escolha de áreas para implantação de projetos de cadastro rural;
- ✓ Localização e cadastro de propriedades em imagens e cartas;
- ✓ Digitalização, cálculo de áreas e criação de mapas.

Agricultura e Floresta

- ✓ Caracterização de tratos culturais ;
- ✓ Localização e cálculo de volume de cobertura vegetal;
- ✓ Seleção de regiões favoráveis a um tipo de cultura.

C) Descrição Funcional e Utilização

Os procedimentos descritos a seguir foram empregados para os trabalhos realizados sobre os dados da base digital gerada e podem ser usados pelo leitor interessado em acessar e/ou manipular esses dados a partir de disquete do Anexo J.

A operação do SGI foi estruturada de tal modo a tornar fácil a realização de operações sobre o mesmo conjunto de dados, minimizando o número de comandos e respostas a ser fornecido pelo usuário.

Seu formato de tela para interface com o usuário obedece padrão, conforme Figura 3.5.

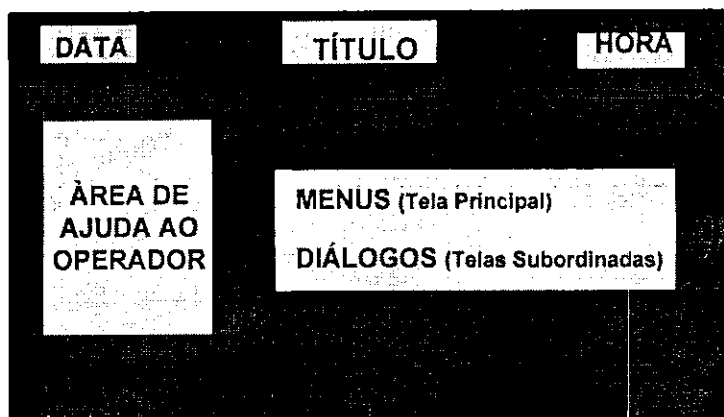


Fig. 3.5 - Layout de tela do SGI

O *layout* genérico do padrão de tela apresenta-se distribuído em regiões específicas que podem ser discriminadas como segue:

título	contém o nome da função em uso, a data e a hora da sua ativação e ocupa as linhas 0 e 1 do terminal.
---------------	--

ajuda (<i>help</i>)	contém informações úteis à operação de cada função acessada pelo usuário, sendo mostrada em vídeo reverso com fundo amarelo em monitores coloridos e ocupando as colunas de 0 a 16 a partir da linha 3 até a linha necessária para a apresentação das informações de interesse.
----------------------------	---

mensagem de erro	ocupa a última linha do terminal; em monitores coloridos se apresenta em cor vermelha piscante, sendo acompanhada de um sinal sonoro.
-------------------------	---

diálogo (<i>texto</i>)	contém todas as perguntas e/ou solicitações de parâmetros do sistema, bem como as respostas fornecidas pelo usuário e ocupa as linhas 3 a 22 e as colunas 18 a 79.
-------------------------------	--

A Figura 3.6 apresenta a tela de abertura da versão 2.5 do SGI-340-INPE/ENGESPAÇO, contendo o menu principal do sistema e demais elementos comuns às atividades de interação usuário-sistema.

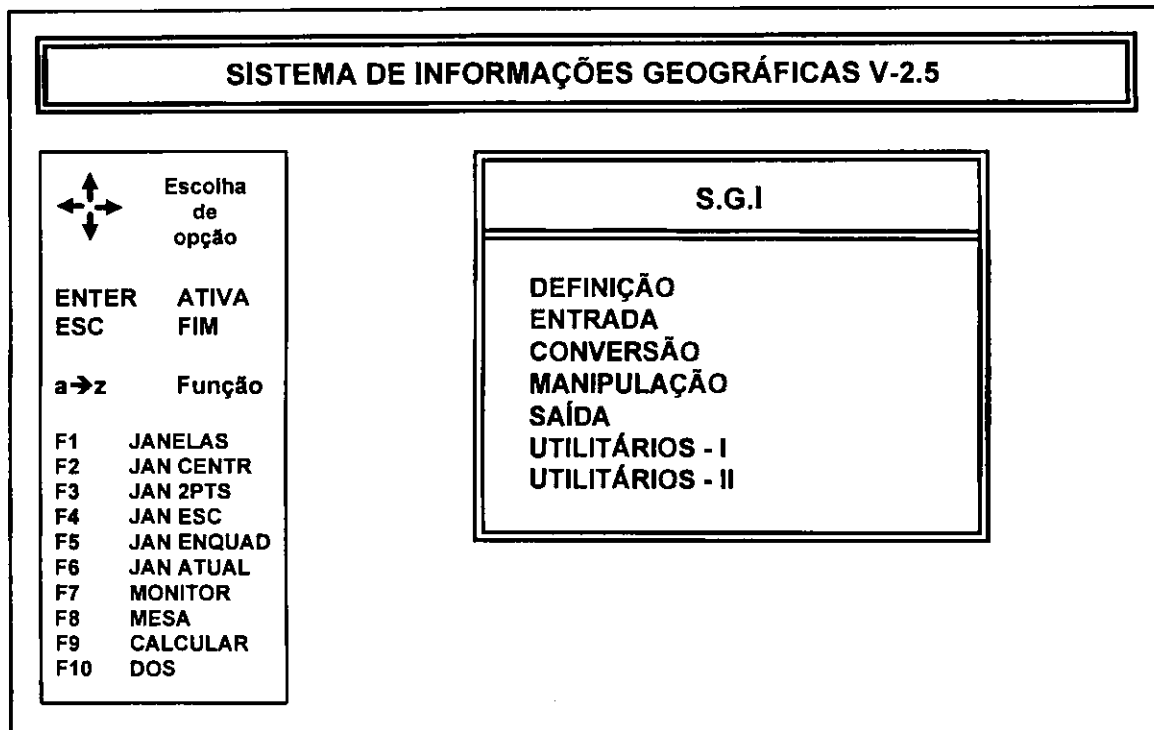


Fig. 3.6 - Tela de abertura do SGI-340 v. 2.5

A Figura 3.7 ilustra a tela de função CRIAR/ATIVAR PROJETO, quando de sua abertura, antes do usuário efetuar a entrada do nome do projeto a ser criado/ativado.

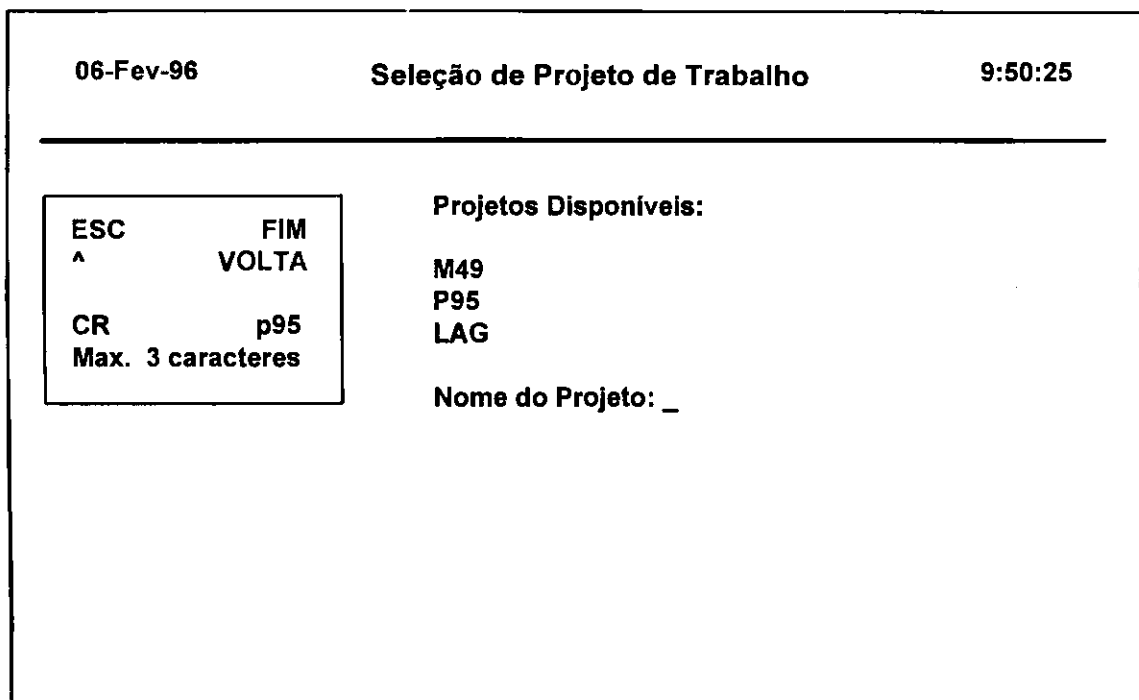


Fig. 3.7 - Tela da função CRIAR/ATIVAR PROJETO

A descrição das funções executáveis disponíveis no software SGI-340-INPE/ENGESPAÇO versão 2.5, bem como sua aplicação prática, encontram-se detalhadas no **Manual Básico do Sistema Geográfico de Informações - SGI - ENGESPAÇO IND. e COM. LTDA., ENGESPAÇO (1993).**

D) Representação e Apresentação no Formato Digital

A fim de automatizar o processo de geração de cartas, visando a apresentação de parte da informação coletada em formato digital, um subconjunto dos dados disponíveis foi digitalizado e processado através do **Sistema Geográfico de Informações (SGI-340 - INPE/ENGESPAÇO).**

Nesta etapa, foi selecionada uma área-piloto (Figura 3.8) geograficamente delimitada pelas coordenadas de latitude sul $06^{\circ}15'00''$ e $06^{\circ}43'56''$ e de longitude oeste $36^{\circ}30'00''$ e $36^{\circ}11'49''$, com área de abrangência de **1.788,9 Km²**, correspondente a **39,2%** da área total de estudo. Esta seleção foi feita em virtude da existência de **3** trabalhos de pesquisa em andamento na área, o que possibilitará o compartilhamento dos dados digitalizados com outros pesquisadores e favorecerá a complementação e/ou expansão do processo de digitalização envolvido. Além disso, possibilitará a automação de alguns procedimentos de análise de dados por equipes multidisciplinares envolvidas no estudo desta região. Finalmente, levou-se também em conta a prioridade dada pelo trabalho à sub-bacia do rio Picuí, o que permitirá a geração de novas informações, em trabalhos futuros, a partir do cruzamento das informações digitalizadas em um sistema de informações geográficas.

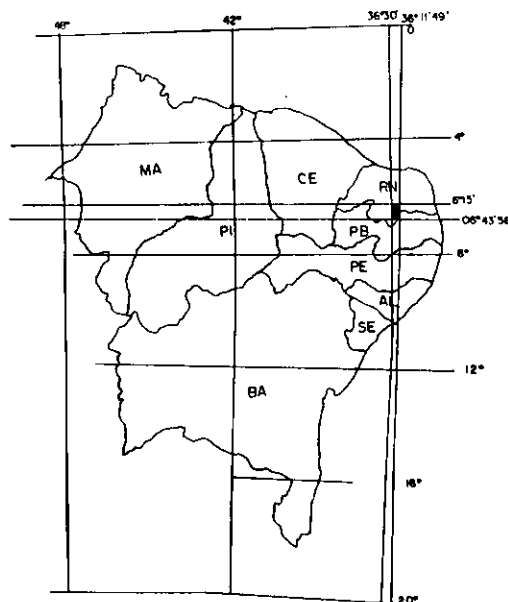


Fig. 3.8 - Localização da área - piloto

O trabalho teve sua representação de dados cartográficos no formato vetorial.

O formato vetorial, resulta na digitalização geralmente manual de mapas. Normalmente, consistem em listas de coordenadas 2D que delimitam regiões temáticas ou representam redes. A representação vetorial de um objeto é uma tentativa de representá-lo tão exatamente quanto possível, procurando definir precisamente todas as posições, comprimentos e dimensões das entidades geográficas.

O trabalho de digitalização possibilitou a geração e armazenamento de dados de 10 planos de informação e impressão em papel a partir de traçador gráfico de 11 cartas (10 dos dados dos planos de informação e 01 carta contendo a sobreposição de 7 planos, gerando o mapa integrado).

E) Geração da Base Digital

Para geração dos planos que constituem a base digital utilizou-se os seguintes procedimentos:

Definiu-se um projeto único (denominado **P95**) e criou-se *planos de informação* - PI's individuais dentro do projeto, correspondentes aos diferentes dados necessários ao trabalho, a saber: PI **dren** (Rede de Drenagem Total e Açudes), PI **estr** (Estradas Pavimentadas, S/Pavimentação, Caminhos e Cidades/Distritos), PI **flux** (Condicionantes Hidrogeológicos), PI **feix** (Feixes de Fraturas), PI **eixo** (Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas), PI **line** (Lineamentos Estruturais e Drenagem Principal), PI **poco** (Poços Profundos), PI **limi** (Limites: Área de Trabalho e Interestadual), PI **camí** (Pontos de Observação em Campo) e PI **arfa** (Áreas Favoráveis à Pesquisa de Água Subterrânea). Dentro do projeto, todos os planos de informação foram registrados e armazenados num mesmo referencial ou projeção.

Para cada plano de informação, foram associados textos contendo informações relativas ao mapa. Para cada texto relacionado ao plano, definiu-se um conjunto de atributos - *cor do texto, direção do caractere, altura do caractere, largura do caractere, espaçamento entre caracteres e localização espacial*. Em nível de processamento de texto pertinente a cada PI empregou-se diferentes operações de edição disponíveis no SGI, tais como *supressão, movimentação, cópia e alteração de texto, assim como modificação de atributos*.

Além da informação textual propriamente dita, um conjunto de símbolos foi incorporado a cada um dos planos de informação. Para tanto, criou-se uma biblioteca de símbolos, contendo todos os símbolos gerados a partir do traçado em grade quadriculada, normalizada de 0 a 1, exibida como ferramenta auxiliar de traçado na tela do monitor de visualização de imagens, sobre a qual manipulou-se elementos básicos de construção de símbolos geométricos, tais como *linhas, textos e polígonos*.

Na geração de símbolos, lançou-se mão das seguintes operações: **desenho de elementos** (*linhas, textos, polígonos*), **supressão de elementos na grade**, **movimentação de elementos na grade**, **cópia de elementos na grade**, **limpar tela**, **salvar símbolo**, **atributos de elementos** (alteração dos atributos ativos dos elementos básicos “**linhas**” - *cor, estilo e espessura*, “**texto**” - *cor, altura, fator de expansão, direção do carácter e espaçamento*, “**polígono**” - *cor, estilo e índice de estilo*).

Para a associação dos símbolos aos planos de informação, ativou-se a biblioteca de símbolos criada no início do processo, tornando disponíveis as operações de **inserção, cópia, supressão, movimentação e rotulação de símbolos**, além da função **definição de parâmetros** (para a alteração dos valores ativos dos atributos dos símbolos: *altura do símbolo, ângulo de posicionamento, ativar/inibir rotulação, altura dos rótulos e cor dos rótulos*).

Após as etapas de entrada e manipulação das informações coletadas ao longo de todo o trabalho, que prepararam os dados convencionais para um modo de apresentação digital, deu-se a geração das cartas propriamente dita.

O procedimento que precedeu a impressão final das cartas digitalizadas no **formato A1** teve como princípio, a **Seleção dos PI's** através de uma tabela de definição de atributos, a saber:

- ✓ **Prioridade (PR)** - indicação da ordem de prioridade de visualização do dado.
- ✓ **Texto (T)** - indicação da visibilidade e invisibilidade dos textos do PI.
- ✓ **Símbolos (S)** - indicação da visibilidade e invisibilidade dos símbolos do PI.
- ✓ **Formato (F)** - indicação do formato de visualização da informação. Para **MNT**, o formato é sempre *vetorial (isolinhas)*, para mapas poligonais, as opções são *vetorial - linhas, vetorial preenchido - polígonos, total -polígonos+linhas*).
- ✓ **Mudar escala** - Indicação de um valor diferente de escala, sendo assim recalculados a área da carta e as dimensões do quadro interno na folha de saída.
- ✓ **Salvar carta** - Armazenar documento no disco.

- ✓ **Carregar carta** - transferência da carta para o monitor de visualização de imagens, para posterior edição.
- ✓ **Definição da folha de saída** - definição de características como *posicionamento do quadro externo* (área da folha para colocação de símbolos e legendas); *posicionamento do quadro interno* (posicionamento da *textos e símbolos* (mesmo procedimento anterior, sendo que os dados são posicionados em relação a folha de saída).
- ✓ **Plotar carta** - impressão dos dados em papel a partir de traçador gráfico.

3.2 MÉTODOS

A metodologia de trabalho apresentada nesta seção compreende uma seqüência sistemática de interpretação visual e obtenção de informações presentes em produtos de sensoriamento remoto, associada à coleta de dados de campo.

Ao longo da realização deste trabalho adotou-se uma combinação interdisciplinar de metodologias, descritas nas próximas sub-seções.

3.2.1 Métodos de Fotointerpretação

No processo de análise, identificação e interpretação das informações contidas nos produtos de sensoriamento remoto, em seu sentido geológico, emprega-se basicamente um ou uma combinação de dois métodos, a saber: o *método das chaves interpretativas* e o *método sistemático*.

3.2.1.1 Método das Chaves Interpretativas

Segundo BARBOSA (1988), este método caracteriza-se pelo seu caráter empírico e comparativo, já que se baseia no conhecimento prévio de padrões e feições similares a serem confrontados com aqueles existentes na área de estudo.

Os padrões podem ser:

- ✓ **Visuais** - comparação entre imagens;
- ✓ **Descritivos** - uma determinada feição do terreno é descrita em termos de características fotográficas que se pressupõe serem as mesmas para situações semelhantes em outras áreas.

A aplicação desse método requer muitos cuidados para que não ocorra uma análise errônea, necessitando assim uma total isenção do fotointérprete, de forma que este evite idéias pré concebidas.

TATOR (1960), MILLER (1961), RICCI & PETRI (1965) e ALLUM (1969) descrevem este método em maior grau de detalhamento.

3.2.1.2. Método Sistemático

Os critérios de fotointerpretação utilizados baseiam-se no trabalho de SOARES & FIORI (1976), que reviveram às idéias de GUY (1966) e RIVERAU (1972) e propuseram uma codificação lógica para a interpretação de imagens fotográficas com as quais é possível recorrer à visualização tridimensional da área de interesse (*estereoscopia*).

Posteriormente, VENEZIANI & ANJOS (1982) adaptaram os critérios de SOARES & FIORI (1976) para imagens de pequena escala, baixa resolução espacial e ausência de estereoscopia, em função das características dos produtos de sensoriamento remoto adquiridos pelos sensores do sistema LANDSAT. Este processo baseia-se em uma seqüência de etapas lógicas e sistemáticas que independem do conhecimento prévio da área.

Segundo VENEZIANI & ANJOS (1982), as regras que conceituam este procedimento são:

- ✓ *A análise dos elementos de textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza (gray scale), a fim de definir as propriedades que caracterizam a forma e individualização de zonas imageadas que possuam características semelhantes (Zonas Homólogas) e*
- ✓ *Os procedimentos dedutivo e indutivo para estabelecer o significado geológico das zonas homólogas.*

Deste modo, no desenvolvimento deste processo de fotointerpretação, foram desenvolvidas três etapas:

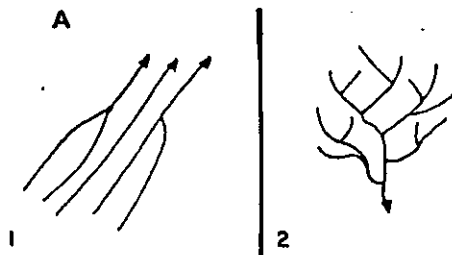
1ª **FOTOLEITURA** - identificação dos elementos texturais de relevo e drenagem, onde o elemento textural é a menor superfície contínua, homogênea, passível de repetição, distinguível em uma imagem fotográfica;

2ª **FOTOANÁLISE** - análise das propriedades dos elementos de relevo e drenagem (estrutura, grau de estruturação e ordem de estruturação) e caracterização das formas segundo estas propriedades (Figura 3.9).

Ainda na etapa de fotoanálise, devido às características espectrais dos produtos **TM/LANDSAT**, executa-se a análise das tonalidades de cinza. Tal procedimento carece de cuidados especiais, pois na maioria dos casos as variações dos tons de cinza refletem as alterações no tipo da cobertura vegetal, apesar de haver a relação tipo litológico-estrutura geológica e vegetação.

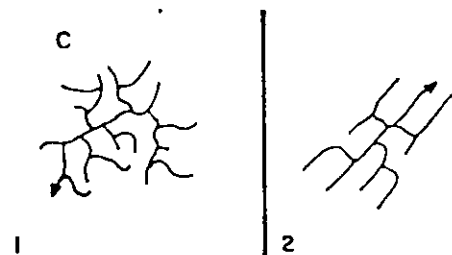
3ª **FOTOINTERPRETAÇÃO** - associação dos dados analisados a um significado geológico, tendo por base os conhecimentos mais atuais sobre a área de estudo do fotointérprete.

DRENAGEM



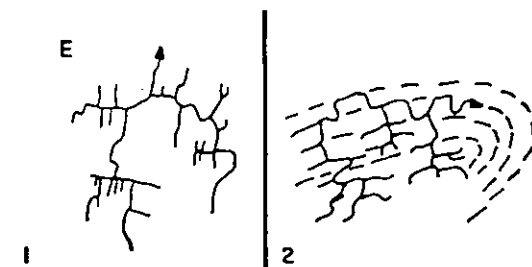
A – ESTRUTURA

1 – Organização linear; 2 – Organização em “árvore” (dendrítica).



C – GRAU DE ESTRUTURAÇÃO

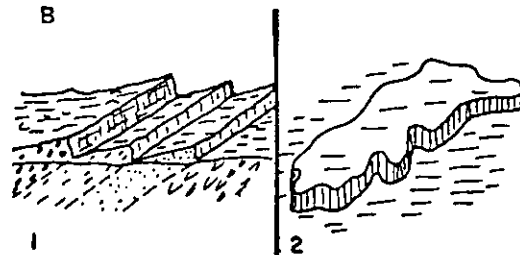
1 – Disposição irregular; 2 – Disposição regularmente ordenada; forma fortemente estruturada.



E – ORDEM DE ESTRUTURAÇÃO

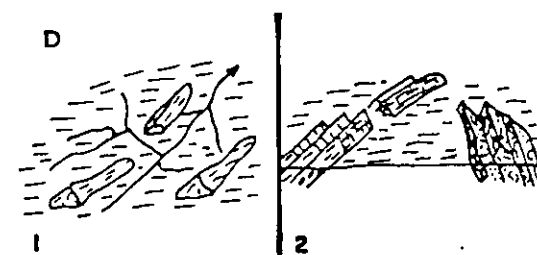
1 – Organização simples: ordem baixa.
2 – Organização complexa (treliça recurvada superimosta à dendrítica): ordem alta (fator de condicionamento da forma: antiforma).

RELEVO



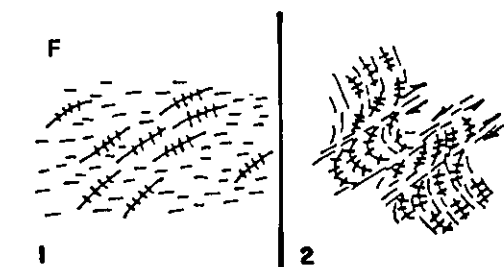
B – ESTRUTURA

1 – Organização em cristas, linear; 2 – Organização em formas geométricas definidas.



D – GRAU DE ESTRUTURAÇÃO

1 – Disposição irregular: forma fracamente estruturada; 2 – Disposição regularmente ordenada; forma fortemente estruturada.



F – ORDEM DE ESTRUTURAÇÃO

1 – Organização simples: ordem baixa.
2 – Organização complexa (deformações plásticas geradas por falhas): ordem alta (fator de condicionamento da forma: falhamento transcorrente).

Fig. 3.9 - Propriedades que caracterizam as formas da drenagem e do relevo.
FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

O método sistemático de fotointerpretação é menos susceptível a influências de caráter subjetivo, decorrentes da ação do fotointérprete, sendo por isso adotado no presente trabalho. Maiores detalhes sobre os dois métodos de fotointerpretação ora descritos podem ser encontrados em SOARES & FIORI (1976), LUEDER (1979), VENEZIANI & ANJOS (1982), VENEZIANI (1986), SANTOS (1986) e BARBOSA (1988).

3.2.2 Trabalhos de Reconhecimento e Verificação de Campo

Os trabalhos de reconhecimento e verificação de campo foram de caráter regional, não objetivando o detalhamento estratigráfico, que para região de estudo é extremamente complexo. O levantamento de campo foi dirigido à busca de evidências que permitissem um melhor entendimento da história evolutiva da área de estudo, à luz dos processos de tectônica rúptil e rúptil-dúctil. O roteiro do trabalho de campo foi definido a partir do **Mapa de Feixes de Fraturas** (Anexo E) e os pontos visitados no campo corresponderam às áreas de maior concentração de fraturas.

Nos percursos feitos durante os trabalhos de reconhecimento e verificação de campo, conforme indica o **Mapa de Caminhamento** (Anexo G), foram feitas descrições de 62 afloramentos, objetivando a determinação geológica macroscópica dos tipos de rochas da área de estudo e proporcionando o estudo de medições de seu fraturamento e da foliação.

3.2.3 Análise de Fraturamento

Na obtenção dos dados estruturais (juntas e falhas), foram analisados elementos texturais e tonais (lineações e alinhamentos de relevo e de drenagem).

Nesta etapa, foram utilizados os seguintes conceitos:

- ✓ **FRATURAS:** termo utilizado de uma forma bem ampla, incluindo qualquer plano de quebra passível de representação nos produtos utilizados, em pequena escala. Aqui estão inclusas as foliações cataclásticas, a partir das quais pode se desenvolver um intenso fraturamento.
- ✓ **JUNTAS:** considerou-se como juntas as lineações de relevo e de drenagem com extensão máxima de 3,5 Km, NORTHFLEET et alii (1971), e transversais a subparalelas ao acamamento.
- ✓ **FALHAS:** foram consideradas como falhas alinhamentos de relevo e de drenagem com extensão superior a 3,5 Km que, segundo VENEZIANI (1986), podem condicionar a assimetria de relevo e drenagem ou constituir os limites entre extratos rochosos com competência diferente.

Os dados de fraturamento foram estudados através da delimitação dos feixes de fraturas e das análises qualitativas e quantitativas destas fraturas.

3.2.3.1 Feixes de Fraturas

Na análise dos *feixes de fraturas* (Anexo E), foram determinadas direções preferenciais levando-se em conta que os principais alinhamentos e zonas fortemente estruturados podem indicar tectonismo profundo mesmo em cinturões de “nappes” PLICKA, (1974).

Na definição dos feixes de fraturas, optou-se pela classificação de juntas proposta por PLICKA (op. cit.), que melhor atendia aos interesses deste trabalho.

Segundo PLICKA (op. cit.), as zonas de juntas constituem de uma concentração de juntas, com alto ângulo de mergulho (verticais a sub-verticais), espaçadas regularmente (mais ou menos paralelas), estendendo-se ao longo de grandes áreas e grandes distâncias e podendo ainda ter grande extensão vertical. As zonas de juntas podem formar conjuntos em uma determinada direção, delineando feições tectônicas, e nos produtos fotográficos utilizados são as feições mais marcantes e proeminentes.

A Figura 3.10 ilustra um exemplo de disposição de feixes a partir de traços que representam juntas. Observa-se, ao longo dos feixes assinalados, a presença de feixes menores de juntas com direções diferentes ao do feixe maior, além da presença de setores com alta concentração de juntas. Observa-se também mudanças de máximos de fraturamentos.

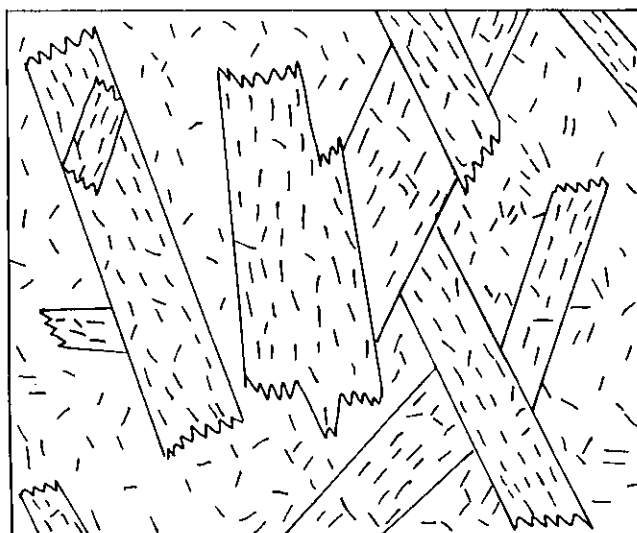


Fig. 3.10 - Exemplo de disposição de feixes a partir de traços que representam juntas, extraídas de imagens TM/LANDSAT.
FONTE: SAMPAIO (1987)

3.2.3.2 Análise Qualitativa das Lineações de Relevo e Drenagem

Baseia-se na análise da distribuição, intensidade e relação das interseções das lineações de relevo e drenagem. Esta análise permite obter informações sobre a hierarquia dos esforços que atuaram na região e, conseqüentemente, obter indicação sobre a relação entre os diversos eventos (inclusive sobre suas idades relativas), que resultaram nos atuais sistemas de fraturas BARBOSA (1988).

A análise individual dos sistemas de fraturas permite tecer considerações sobre um determinado evento tectônico rúptil ou rúptil-dúctil.

3.2.3.3 Análise Quantitativa das Lineações de Relevo e Drenagem

A análise quantitativa das lineações de relevo e drenagem foi processada a partir do tratamento estatístico de fotolineamentos para produtos em pequena escala, proposto por ALIYEV (1980), que permite o estudo regional dos eventos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil.

O método permitiu ainda o estudo dos sistemas de fraturas como um todo ou separadamente para uma determinada unidade lito-estratigráfica, como também a definição dos efeitos do controle exercido por falhamentos na distribuição das zonas de juntas.

Na aplicação deste método, foi feita a contagem dos fotolineamentos para cada um dos conjuntos de sistemas de juntas definidas. Foi utilizado uma malha de (3 x 3) cm, a interpolação de dados dos elementos dos fotolineamentos sendo feita com o auxílio do aplicativo SURFER v. 4.14, desenvolvido pela *Golden Software. Inc.* 1989.

3.2.3.4 Análise de Falhamentos

A integração dos dados da fotointerpretação das análises dos fotolineamentos e dos fotoalinhamentos permitiu a definição de falhamentos.

Para a análise destes falhamentos, foram estudados e aplicados os modelos de RIEDEL (1929), apresentados por VIALON et alli (1976) e modificados por SADOWSKI (1983) (Figura 3.11).

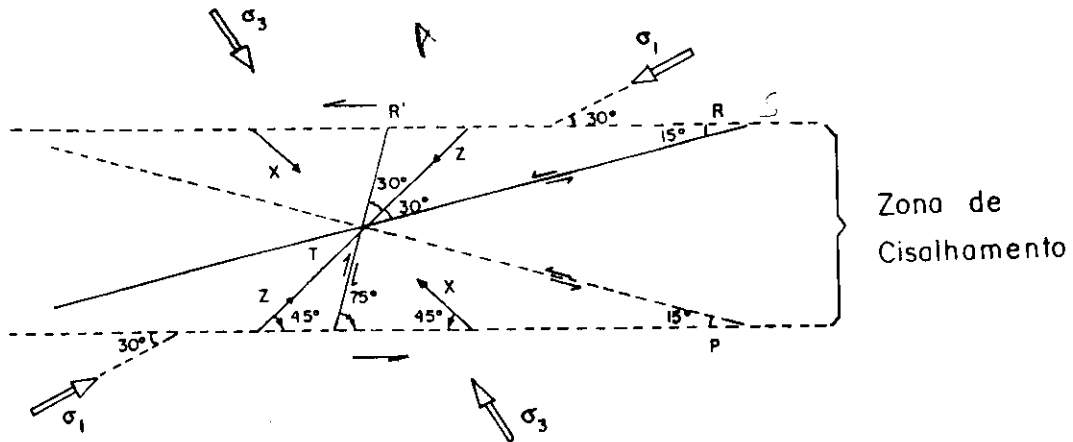


Fig. 3.11 - Representação do modelo de zona de cisalhamento de RIEDEL (1929).
 FONTE: VIALON et alli (1976);
 Modificado por SADOWSKI (1983);

De forma extremamente básica, RIEDEL (1929), definiu para uma zona de cisalhamento, quatro famílias de fraturas secundárias que se desenvolveriam em função dos esforços de compressão e tração associados a um binário. Tais fraturas foram designadas T, R, R' e P. A primeira (T) é de tração; R e R' são de cisalhamento sintético e antitético formando um conjugado de aproximadamente 60° e simétrico em relação a T. P seria uma fratura simétrica a R em relação à direção de cisalhamento maior e também sintética.

SADOWSKI (1983), definiu para o modelo de RIEDEL, duas outras famílias de fraturas X e Y, onde X são fraturas simétricas a R' em relação a direção da zona de cisalhamento e Y são fraturas paralelas à zona da falha (Figura 3.12).

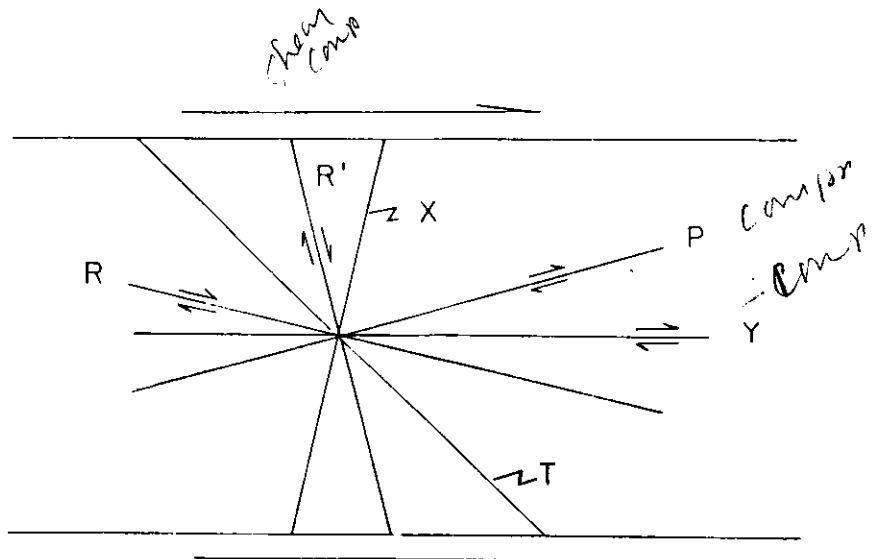


Fig. 3.12 - Sistema de fratura na zona de cisalhamento.
 FONTE: SADOWSKI (1983);

SADOWSKI (1983), no Nordeste Brasileiro e BARBOSA (1988), na região do Espinhaço Meridional e adjacências, no Estado de Minas Gerais, verificaram que a partir dos estudos de deformação associada a falhas de empurrão e/ou a partir da relação angular dos lineamentos, utilizando-se dos modelos acima apresentados, é possível definir falhamentos transcorrentes responsáveis por estruturas inversas de alto ângulo e dobramentos associados, identificando-se desta maneira os modelos binários para zonas de cisalhamento.

3.2.3.5 Análise da Assimetria dos Elementos de Drenagem e Relevo: Mapa de Condicionantes Hidrogeológicos

O estudo da assimetria tem como princípio básico de análise a comparação da forma e extensão dos afluentes de um lado e do outro do eixo de simetria. Neste sentido, é fácil notar que o procedimento de extração da drenagem tem importância fundamental na análise de sua assimetria, sendo necessário que seu traçado seja minucioso.

Segundo VENEZIANI & ANJOS (1982), a assimetria de drenagem é definida em função da extensão e da forma dos elementos texturais de drenagem que se constituem em afluentes do canal principal (Figuras 3.13 A e B), enquanto que a assimetria de relevo é definida em função do ângulo de declividade entre zonas de relevo, com diferentes propriedades texturais, cujo vértice é uma quebra positiva (Figuras 3.14 A e B).

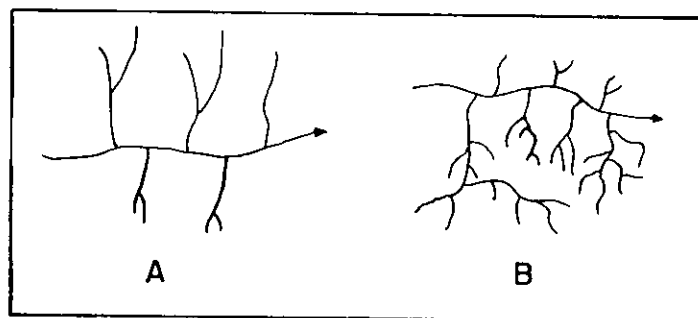


Fig. 3.13 - Drenagem: (A) fracamente assimétrica e (B) fortemente assimétrica
FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

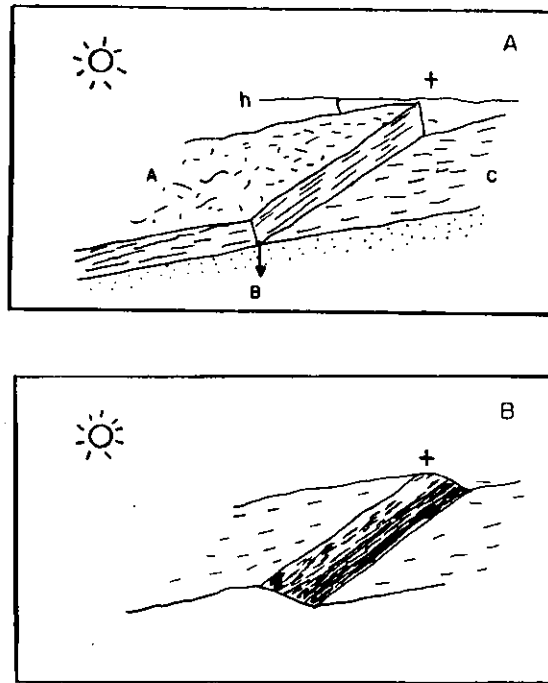


Fig. 3.14 - Assimetria do relevo no produto sensor: (A) o plano de declividade estrutural (zona homóloga A) forma um ângulo baixo com a linha do horizonte (h), pois o relevo é fortemente assimétrico (quanto maior esse ângulo menor é a assimetria e, portanto, mais acentuado o mergulho estrutural); e (B) A largura da região iluminada na imagem fotográfica do LANDSAT é bem maior que a da sombreada indicando a forte assimetria do relevo.

FONTE: VENEZIANI & ANJOS (1982).

Conforme SAMPAIO (1987), de um modo geral, as formas assimétricas de drenagem e relevo são indicativas da ocorrência de estratos inclinados, que mergulham no sentido dos afluentes mais longos (drenagem conseqüente). A comparação destes com os afluentes mais curtos (drenagem obseqüente), em relação ao curso principal (drenagem subseqüente), pode também sugerir valores aproximados do mergulho de camadas inclinadas. Porém, devido ao objetivo desta fase do trabalho visar, na realidade, apenas a verificação da “tendência” do fluxo de água subterrânea, acredita-se que a simples constatação de sua direção e sentido, sem sua quantificação, já fornece subsídios para a delimitação de áreas de recarga e acumulação de água subterrânea.

Partindo do exposto, foi elaborado o **Mapa da Rede de Drenagem e de Condicionantes Hidrogeológicos** (Anexo D) da área de estudo, que fornece condições para serem feitas inferências sobre o mergulho de feições planares ou sentido de mergulho de estruturas geológicas que possam indicar a inclinação de estratos ou basculamento de blocos estruturais onde podem ocorrer condições favoráveis à percolação das águas subterrâneas.

GUEDES (1993) salienta que o processo de análise da assimetria de drenagem e do relevo é um processo de maior confiabilidade para áreas de domínio de rochas estratificadas, como nas bacias sedimentares. Em áreas de

rochas cristalinas, a aplicação deste procedimento deve ser feita com cautela, pois a movimentação da água em subsuperfície ocorre praticamente apenas através das fraturas.

3.2.4 Dados de Poços Profundos

No presente trabalho, os dados de poços profundos serviram como elementos adicionais às informações obtidas pela fotointerpretação e trabalhos de campo, tendo servido como aferidores nas avaliações das áreas selecionadas como prioritárias à pesquisa de água subterrânea.

As informações de poços profundos foram obtidas a partir de cadastro existente na CDRM (1982a), "Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba"-(Anexo I), com plotação e localização espacial de cada poço no **Mapa Integrado**, a partir de suas coordenadas geográficas.

3.2.5 Integração de Dados: Mapa Integrado

O **Mapa Integrado** (Anexo H) reúne, em um único produto, os dados obtidos nas diferentes fases de execução deste trabalho, com delimitação das áreas prioritárias à pesquisa de água subterrânea a partir de informações e convergência de evidências constatadas, tais como: *lineamentos estruturais, condicionantes hidrogeológicos, feixes de fraturas, localização de poços profundos, base geológica e cartográfica.*

3.2.6 Áreas Favoráveis à Pesquisa de Água Subterrânea

3.2.6.1 Critérios de Seleção

Por se tratar de uma área com substrato cristalino, o que de fato interessa do ponto de vista hidrogeológico na área de estudo são as feições estruturais nelas contidas, pois são diretamente responsáveis por suas condições de permeabilidade. Em rochas cristalinas compactas como granitos, migmatitos, etc., as fraturas (juntas e falhas) e foliações são os únicos elementos capazes de proporcionar condições efetivas de permeabilidade.

Desta forma, a premissa básica para localizar áreas com maior potencial hídrico subterrâneo em terrenos cristalinos, em termos de infiltração e circulação de água, é a delimitação de setores com maior concentração de fraturas e mais intensamente foliados. Deve-se considerar, ainda, que fraturas associadas a regimes de esforços distensivos e, portanto, abertas, são as mais relevantes.

Segundo SAMPAIO (1987), além de uma abordagem direcionada para a delimitação de áreas potenciais à infiltração e circulação de água

em função da densidade de fraturas, é possível ainda que uma análise relacionada à definição de áreas com condições favoráveis ao armazenamento de água subterrânea também seja efetuada, desta feita com base na tendência de fluxo de água subterrânea. Neste sentido, imagina-se que as feições estruturais tais como falhas sejam elementos ao longo dos quais a água tende a convergir. Assim, ao longo destas estruturas é comum considerar a percolação como máxima, sua redução proporcional ao distanciamento das estruturas, segundo o sentido contrário à linha de tendência, o que deve ocasionar também um decréscimo proporcional na capacidade de armazenamento de água.

Consideradas as estruturas interpretadas (feixes e lineamentos) como estruturas individualizadas, parece não haver dúvidas quanto a suas características hidrogeológicas, no que se refere à capacidade de infiltração e possível armazenamento de água. Assim, feixes, fraturas e lineamentos estruturais associados a regime de esforços distensivos, constituídos por elementos abertos, são comprovadamente os mais favoráveis para a ocorrência de água subterrânea. Ao contrário, as estruturas associadas a regimes compressivos, evidenciadas por predomínio acentuado de elementos fechados, certamente não determinam condições propícias à infiltração de água e, conseqüentemente, ao seu armazenamento, SAMPAIO (1987).

Quanto aos feixes de fraturas (juntas e falhas), é oportuno que se observe alguns aspectos relativos ao significado destas feições nas imagens fotográficas, em nível regional e de semidetalhe, sobretudo no sentido de associá-las com tipo de elementos estruturais (fraturas abertas ou fechadas) neles contidos. Neste sentido, admite-se que a visualização dos feixes em tais produtos ocorre com mais freqüência quando estas estruturas estão relacionadas a fraturas abertas verticais a subverticais, originárias de reflexos de falhamentos profundos. Assim, no caso de feixes associados a fraturas fechadas, é conveniente admitir que a detecção deles sobre imagens fotográficas, nos níveis de detalhamento mencionados, seja menos comum, SAMPAIO (1987).

Segundo SAMPAIO (op. cit.), do exposto até aqui, e com o conhecimento de que padrões de fraturamentos em qualquer escala (de microscópica até imagens orbitais) têm feições em comum, pode-se dizer que existe uma correlação bem grande entre feixes de fraturas extraídos de imagens fotográficas e estruturas em nível de afloramento (juntas e falhas). Em termos práticos, isto significa dizer que a simples constatação de existência de feixes já é bom indicio na delimitação de áreas favoráveis à infiltração e possível armazenamento de água subterrânea, posto que estas feições comumente são observadas quando relacionadas a elementos abertos.

O autor acima citado afirma que, no caso de falhas, é importante considerar tais feições em função do regime tensional que as originou (distensão ou compressão), ao qual se associam tipos distintos de movimentos relativos entre blocos. Aos regimes distensivos relacionam-se falhas normais que, do ponto de vista hidrogeológico, são potencialmente favoráveis à infiltração de água, dado que ao longo da linha de falha normalmente ocorre uma faixa na qual seus elementos constituintes estão via de regra abertos. As falhas com movimentos direcionais

(transcorrentes) e falhas com movimentos inversos de alto e baixo ângulo (empurrão), são originárias de regimes de esforços compressivos. Quando mantidas ainda sob regime compressivo, é coerente supor que não apresentem condições propícias à infiltração de água. No entanto, quando ocorre alívio tensional ao longo delas, tais falhas tornam-se potencialmente capazes de promover a circulação de água.

SAMPAIO (op. cit.) afirma que, com respeito à análise do conjunto de dados extraídos de imagens fotográficas, observa-se que frequentemente ocorre interferência entre aqueles interpretados como feixes de fraturas e como lineamentos estruturais; é o que se pode chamar de trama estrutural. Com a designação à interferência entre duas estruturas, adota-se o termo “cruzamento”, sem a condição obrigatória que o mesmo represente feições que tenham continuidade além do ponto de interseção (Figura 3.15), “Correlação de feições superficiais (feixes de fraturas) com falhas profundas”, onde tem-se um modelo de interpretação estrutural de zonas homólogas de drenagem unidirecional (fortemente estruturadas), originárias do reflexo de falhas normais profundas que geram estruturas verticais e subverticais (fraturas distensivas: abertas) e que atravessam as rochas acamadas subjacentes, até atingir a superfície topográfica. A manifestação destas estruturas na superfície é determinada por uma concentração de traços de fraturas (juntas e falhas) subparalelos e regularmente espaçados. Tal concentração se configura num feixe, cuja dimensão pode guardar alguma relação com a falha profunda da qual teve origem. A princípio, o termo cruzamento parece não ser o mais adequado. No entanto, quando o ponto de interseção entre duas estruturas é analisado em nível de afloramento, nota-se que a utilização do termo como tal tem significado.

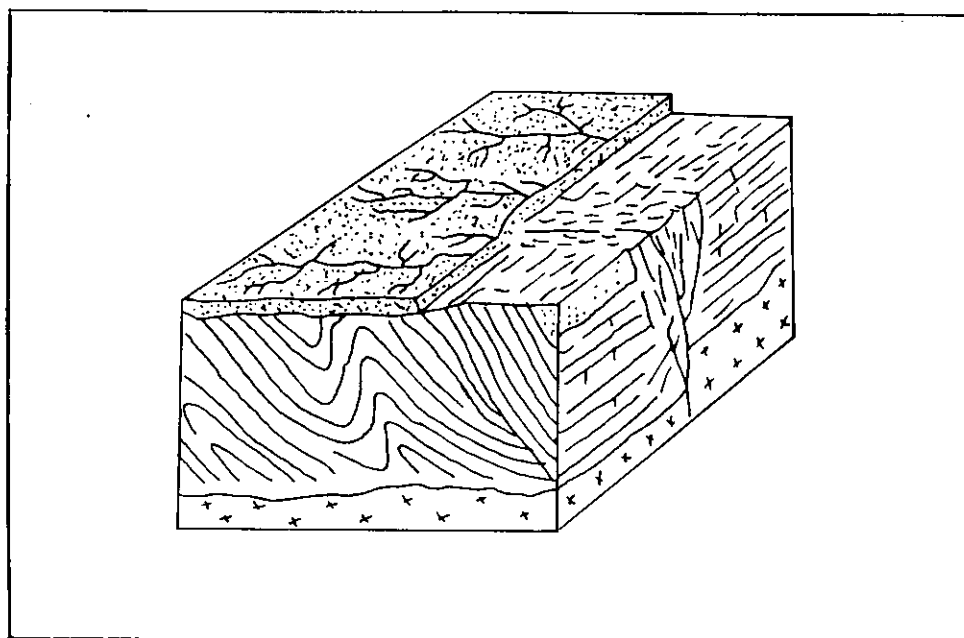


Fig. 3.15 - Correlação de feições superficiais (feixes de fraturas) com falhas profundas.
FONTE : SAMPAIO (1987).

Tomando como exemplo a interseção entre dois feixes de fraturas onde um deles é interrompido pelo outro, é normal admitir que dificilmente a interrupção entre outras estruturas ocorra rigorosamente de forma brusca. O que acontece, na realidade, é a diminuição gradual de densidade de fraturas no feixe que é interrompido quando este se interpõe a outro feixe, o que viabiliza o interrelacionamento entre as fraturas nelas contidas (Figura 3.16, "Exemplos esquemáticos de cruzamentos entre dois feixes de fratura

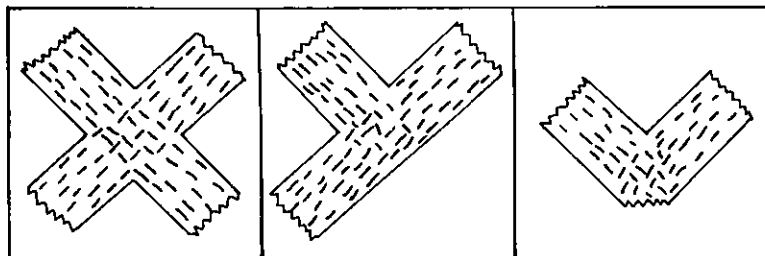


Fig. 3.16 - Exemplos esquemáticos de cruzamentos entre dois feixes de fraturas .
FONTE: SAMPAIO (1987)

A partir do conhecimento do significado do termo cruzamento, pode-se dizer que a interferência entre estruturas refere-se então a cruzamentos entre feixes, entre lineamentos e entre feixes e lineamentos, além do cruzamento de feixes ou lineamentos com descontinuidades estratigráficas. Neste último caso, são consideradas como descontinuidades todas as discordâncias litológicas não relacionadas a falhas, pois estas se enquadram na categoria de lineamentos, SAMPAIO (1987).

Supõe-se que os cruzamentos destas estruturas, bem como setores a eles adjacentes, sejam áreas anômalas que normalmente se apresentam intensamente fraturadas.

Assim, tendo como premissa as características hidrogeológicas que as estruturas individualizadas apresentam, devem ser tomadas como áreas preferenciais à ocorrência de água subterrânea, em ordem de prioridade:

- 1 - Os cruzamentos entre estruturas de caráter distensivo;
- 2 - Os cruzamentos híbridos (estruturas distensivas, estruturas compressivas); e, por último,
- 3 - Os cruzamentos entre estruturas compressivas.

Portanto, com referência aos cruzamentos híbridos, onde pelo menos um dos componentes relaciona-se com estruturas distensivas, supõe-se que

estes apresentam condições mais favoráveis à ocorrência de água subterrânea, quando comparadas com aquelas oferecidas pela componente distensiva individualizada. Neste caso, é comum reconhecer que a interseção de qualquer feição estrutural, quer seja distensiva ou não, sobre uma feição de fato distensiva, ocasiona nesta estrutura um incremento no grau de fraturamento, SAMPAIO (1987).

Além disso, os cruzamentos de lineamentos, quando analisados de forma integrada, permitem a visualização de redes de fraturamentos dispostos sob a forma de sistemas conjugados. Um “sistema de fraturas” é constituído por um conjunto de duas ou mais famílias de fraturas que não apresentam relações de interferência. Ao contrário, os “sistemas de fraturas conjugados” são representados por padrões de interferência entre famílias de fraturas que se interceptam mutuamente e de forma metódica, sendo, portanto, condição necessária que as mesmas pertençam a um mesmo evento tectônico, SAMPAIO (1987).

Por fim, cabe referir-se ao modo de como dados relativos à “tendência de fluxo de água de subsuperfície” podem contribuir para a definição de áreas mais propícias à ocorrência de água subterrânea. Desta forma, são consideradas situações onde a tendência do fluxo de água de subsuperfície pode ser “concordante” ou “discordante” a uma determinada estrutura (feixes, lineamentos ou cruzamentos). Quando concordante, a estrutura tomada como ponto de referência deve obrigatoriamente estar contida no sentido das linhas de tendência, as quais definem uma direção e sentido de percolação de água de subsuperfície ao longo de estratos inclinados. No entanto, no caso da estrutura de referência não pertencer a um setor situado entre condicionantes hidrogeológicos, o fluxo então é discordante (Figura 3.17, “Exemplo esquemático de delimitação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea”).

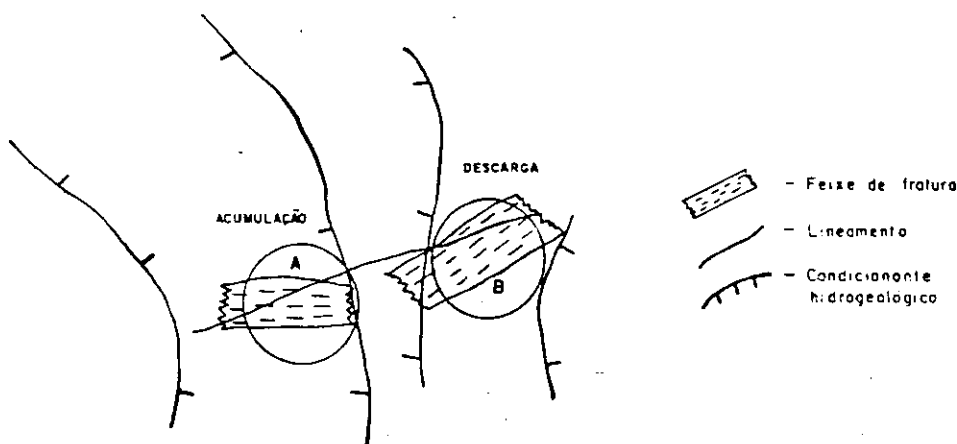


Fig. 3.17 - Exemplo esquemático de delimitação de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

Na Figura 3.17, o setor delimitado com o círculo A (**acumulação**) é o mais favorável à pesquisa de água subterrânea, pois existe um feixe disposto longitudinalmente ao fluxo, na porção mais baixa do bloco basculado, cortado por um lineamento. Na mesma figura, a área delimitada com um círculo B (**recarga**) embora também caracterize o cruzamento de um feixe de fraturas com um lineamento, é uma área menos favorável para à pesquisa de água subterrânea, pois encontra-se numa posição discordante em relação a tendência geral do fluxo.

3.2.6.2 Prioridades das Áreas

Com base nos dados obtidos de imagens fotográficas (TM/LANDSAT) e na convergência de evidências (cruzamentos e tendência de fluxo de água de subsuperfície), discutidos anteriormente, propõe-se uma ordem de prioridade de áreas mais favoráveis à pesquisa de água subterrânea.

Para tanto, consideram-se **28** situações de formas de ocorrências de feições estruturais, diferenciadas em **3** grupos principais com potenciais distintos de infiltração de água. O grupo colocado como prioritário refere-se às estruturas portadoras essencialmente de elementos abertos. Composição intermediária estão aquelas compostas por elementos híbridos (interferência entre elementos abertos e fechados). Por último, estão as estruturas constituídas unicamente com elementos fechados.

Dentro de cada um destes grupos, são diferenciados ainda **3** subgrupos. Dois deles constituem cruzamentos compostos por sistemas conjugados e sistemas simples, sendo o primeiro prioritário. O terceiro subgrupo refere-se às estruturas individualizadas, colocadas em posição aos outros dois.

De forma esquemática, reúne-se na Tabela 3.3., elaborada por SAMPAIO (1987) e modificada por GUEDES (1993), todas as situações possíveis de formas de ocorrência de estruturas e suas combinações, segundo ordem de prioridade. A Tabela 3.3 contém as **28** situações já referidas, distribuídas em seqüência alfanumérica crescente para áreas com menor prioridade. Nesta tabela, os caracteres alfabéticos maiúsculos representam os tipos de elementos estruturais (abertos, fechados ou híbridos); os caracteres numéricos romanos, a forma de ocorrência destes elementos (cruzamentos e estruturas individuais); e os caracteres arábicos, as feições estruturais caracterizadas em nível de imagem fotográfica com auxílio de dados de campo, além de informações obtidas através da base geológica utilizada. Por exemplo, uma área cujos caracteres sejam "AII2" representam um cruzamento entre feixes e lineamentos constituídos de elementos abertos configurados sob a forma de sistema. Ou ainda, uma área "BI4" significa um cruzamento entre dois elementos configurados sob a forma de sistema conjugado, sendo um deles relacionado a falha de cisalhamento e o outro a uma falha normal.

A seqüência em que estes caracteres são citados representa a ordem de influência de cada um deles na discriminação das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea. Desta forma, tem-se a seguinte seqüência decrescente

conforme a prioridade das áreas favoráveis à ocorrência de água subterrânea: AII, AI2, AI3, AII1, AII2, AII3, AII4, AII5, AIII1, AIII2, BI1, BI2, BI3, BI4, BII1, BII2, BII3, BII4, CI1, CI2, CI3, CII1, CII2, CII3, CII4, CII5, CII11, CII12.

Finalizando, cabe salientar que estas áreas deverão ser as mais favoráveis à prospecção de água subterrânea 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 estudos hidrogeológicos convencionais e testes de perfuração.

TABELA 3.3

ESTRUTURAS E COMBINAÇÕES SEGUNDO ORDEM DE PRIORIDADE

ELEMENTOS ESTRUTURAIS		CRUZAMENTOS				III	ESTRUTURAS INDIVIDUAIS
		I	SISTEMAS CONJUGADOS	II	SISTEMAS		
A	ABERTOS (A)	1	FEIXE(S) X FEIXE(S)	1	FEIXE(S) X FEIXE(S)	1	FEIXES
			2	FEIXE(S) X LINEAMENTO(S)	2		
		2	3	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	2	LINEAMENTOS	
			4	FEIXE(S) X DESCONTINUIDADE			
			5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE			
B	HIBRIDOS (H)	1	FEIXE(S) (A) X LINEAMENTO(S) (F)	1	FEIXE(S) (A) X LINEAMENTO(S) (F)		
			2	FEIXE(S) (F) X LINEAMENTO(S) (A)	2		
		3	FEIXE(S) (A) X FEIXE(S) (F)	3	LINEAMENTO(S) (A) X LINEAMENTO(S) (F)		
			4	LINEAMENTO(S) (A) X LINEAMENTO(S) (F)	4		
C	FECHADOS (F)	1	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	1	LINEAMENTO(S) X LINEAMENTO(S)	1	FEIXES
			2	FEIXE(S) X LINEAMENTO(S)	2		
		2	3	FEIXE(S) X FEIXE(S)	2	LINEAMENTOS	
			4	FEIXE(S) X DESCONTINUIDADE			
			5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE			
3	FEIXE(S) X FEIXE(S)	5	LINEAMENTO(S) X DESCONTINUIDADE				

- Obs. :
1. Considerar como descontinuidade as discordâncias litológico-estruturais, excluindo as falhas;
 2. Observar a permeabilidade quanto à porosidade ou densidade de elementos estruturais;
 3. Verificar a tendência de fluxo de água, se concordante ou discordante às estruturas.

FONTE: VENEZIANI (1982), SAMPAIO (1987), modificada por GUEDES (1993).

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta parte do trabalho, são apresentados os resultados da aplicação das sistemáticas de interpretação dos produtos orbitais e de uso de ferramentas de geoprocessamento, associados à análise de dados bibliográficos e de campo.

Estes resultados e suas discussões foram organizados em quatro blocos: caracterização geológica imagem/campo; avaliação das influências dos lineamentos estruturais; identificação das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea e finalmente os produtos oriundos das atividades de processamento digital das informações manipuladas.

4.1 GEOLOGIA

No trabalho, o complexo rochoso da área de estudo foi dividido em dois grupos, sendo o primeiro denominado de Embasamento Cristalino, composto por rochas do Pré-Cambriano Indiviso (Complexo Gnáissico-Migmatítico e rochas Granitóides e Gambróides/Dioritóides) e rochas do Grupo Seridó (Formações Jucurutu, Equador e Seridó), sendo que a maior parte da área de estudo está ocupada por rochas da Formação Seridó, e o segundo grupo caracteriza-se por seqüência de sedimentos do Cenozóico da Formação Campos Novos, de restrita ocorrência à Nordeste de Cubati, rochas efusivas Meso-cenozóicas à Leste e Nordeste de Cubati e seqüência de sedimentos do Grupo Barreiras (Formação Serra dos Martins) que ocorre à Norte de Barra de Santa Rosa e nas regiões de Cuité, Nova Floresta e Jaçanã. No campo, verificou-se que as rochas do Embasamento Cristalino encontram-se tectonizadas, fraturadas (Foto 1) e dobradas e que a foliação dessas rochas é cataclástica associada ao desenvolvimento das transcorrências e suas direções são associadas com movimentos gravitacionais devido a reativação da plataforma brasileira. A Tabela 4.1. apresenta as principais direções de foliação verificadas em campo.

TABELA 4.1

DIREÇÕES DE FOLIAÇÃO DAS ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO

FOLIAÇÃO
N35°E±5°
N65°E±5°
N65°W±5°
EW±5°

**Foto 1 - Afloramento de rocha do Embasamento Cristalino, tectonizada e fraturada.**

De um modo geral, o relevo da região do Embasamento Cristalino, pode ser descrito como ondulado a fortemente ondulado (Foto 2a). Embora, algumas áreas se apresentem suavemente onduladas a planas (Foto 2b). As áreas de ocorrências das Rochas Cenozóicas, geralmente são topograficamente elevadas, formam chapadas de relevo plano ondulado, e apresentam contornos irregulares com escarpas abruptas fortemente ravinadas.



2. a



2. b

Foto 2 - Aspectos de relevo do Embasamento Cristalino: (a) ondulado a fortemente ondulado; e (b) suavemente ondulado a plano.

4.1.1 Características Fotogeológicas

As principais características fotogeológicas das unidades geológicas que diferenciam as rochas do Embasamento Cristalino das seqüências de sedimentos do Cenozóico, nas imagens TM/LANDSAT, são apresentadas na Tabela 4.2.

As rochas do Embasamento Cristalino caracterizam-se de modo marcante pelo seu aspecto estrutural nas imagens TM/LANDSAT, principalmente na banda 4 (infravermelho próximo), devido à presença de grande quantidade de lineamentos. As lineações de relevo e drenagem distribuem-se de maneira caótica ou estruturada. A estruturação desses elementos nas imagens permite a definição do fraturamento, da foliação associada e dos grandes falhamentos.

Verificou-se, no campo, uma relação direta do tipo litológico com as áreas morfológicas das imagens: as áreas que apresentam relevo ondulado a fortemente ondulado, correspondem no campo à ocorrência de rochas granitóides, enquanto que as áreas com relevo ondulado a plano ondulado, correspondem as áreas de gnáisses e migmatitos do Pré-Cambriano Indiviso e pelos biotita-xistos, gnáisses, metassiltíticos, etc., do Grupo Seridó.

Duas das principais características que diferenciam a seqüência de sedimentos do Cenozóico do Embasamento Cristalino nas imagens TM/LANDSAT são: (i) o uso do solo que, tanto na banda 3 (visível) quanto na banda 4 (infravermelho próximo), aparece em tonalidades cinzas mais claras na seqüência de sedimentos do Cenozóico; e (ii) o relevo suave ondulado da seqüência de sedimentos do Cenozóico, em oposição ao relevo ondulado montanhoso do Embasamento Cristalino.

Outro fator de distinção entre esses dois grupos que compõem o complexo rochoso é a drenagem, por possuir uma densidade maior das áreas cristalinas do que das seqüências de sedimentos de ocorrência Cenozóica.

Os depósitos quaternários da região estão representadas por aluviões de ocorrência restrita ao longo dos rios em forma de areias grosseiras e cascalhos, muitas vezes utilizados para cultivo. Nas imagens TM/LANDSAT, nas bandas 3 e 4, caracterizam-se por uma tonalidade cinza claro e uma textura fotográfica de fina a média.

TABELA 4.2

CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS DAS UNIDADES GEOLÓGICAS NAS IMAGENS TM/LANDSAT

Unidade Geológica	Relevo				Drenagem					Textura Fotográfica	Tonalidade Fotográfica		Uso da Terra	
	Padrão	Grau de Dissecação	Grau de Estruturação	Ordem de Estruturação	Padrão	Densidade	Grau de Estruturação	Ordem de Estruturação	Uniformidade		Banda 3	Banda 4	Tipo	Intensidade de Uso
CZ	SO	b	b	b	d	b	b	b	u	g	cc	cc	ag	a
EC	OM	a	ma	m	d	a	ma	a	u	fm	cm/e	cm/e	ag/v	b

CZ - Cenozóico

EC - Embasamento Cristalino

SO - Suave Ondulado

OM - Ondulado montanhoso

b - baixo(a)

a - alto(a)

m - média

ma - médio alto

d - dendritico

fm - fina a média

g - grosseira

cc - cinza claro

cm/e - cinza médio/escuro

p - pequeno

ag - agrícola

ag/v - agrícola/vegetação

u - uniforme

m/g - médio/grande

p/m - pequeno/médio

4.2 ANÁLISE DE FRATURAMENTO

A partir da análise do **Mapa Tectônico** na escala de 1:100.000 (Anexo F), foram definidos os principais lineamentos estruturais. Respalhada por dados de campo e bibliográficos, a interpretação desses lineamentos proporcionou a definição de grandes falhamentos e das principais direções de esforços condicionantes do processo evolutivo da região.

O estudo da distribuição espacial dos feixes de fraturas (Anexo E) permitiu a definição de 8 direções preferenciais de esforços:

✓ **NS±5°**

Caracteriza a direção atual de falhas inversas (?) de alto ângulo de mergulho (vertical a subvertical e foliação e eixo de dobras associadas).

✓ **N20°E±5°**

Caracteriza a direção atual de falhas inversas (?) de alto ângulo (vertical a subvertical e foliação e eixos de dobras associadas).

✓ **N35°E±5° e N40°W±5°**

Direções que caracterizam as falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade e a foliação guáissica e cataclástica e fraturamento e eixos de dobra associada.

✓ **N65°E±5° e N65°W±5°**

Direções que caracterizam as falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade e a foliação gnáissica e cataclástica e fraturamento e eixos de dobras associada.

✓ **N25°W±5°**

Caracteriza direção de falhas de rejeito direcional conjugadas com falhas de gravidade e a foliação gnáissica e cataclástica e fraturamento e eixos de dobras associadas.

✓ **EW±5°**

Direção que caracteriza as falhas de rejeito direcional, conjugadas com falhas de gravidade e as foliações gnáissicas e cataclásticas e fraturamentos e eixos de dobras associadas.

No processo da análise de fraturamento foram definidos os feixes de fraturas, (Anexo E), segundo as direções acima descritas. Neste estudo, verificou-se que o maior

número de feixes de fraturas está relacionado com as direções $N35^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ e $N65^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ e o menor número de feixes de fraturas com as direções $N25^{\circ}W\pm 5^{\circ}$ e $N40^{\circ}W\pm 5^{\circ}$.

A relação das interseções dos feixes de fraturas após serem analisados, não indicou deslocamentos relativos de maiores proporções, nem truncamentos ou mesmo mudanças importantes nas direções.

4.2.1 Análise Quantitativa dos Fotolineamentos

A análise do Mapa dos Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas (Anexo B) forneceu as seguintes informações:

✓ **$NS\pm 5^{\circ}$**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções $NS\pm 5^{\circ}$ e $EW\pm 5^{\circ}$. Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também se orientam segundo as direções $N35^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ e $N25^{\circ}W\pm 5^{\circ}$.

Na área do Cenozóico, não foram encontrados eixos de máximos de frequência de fraturas orientados nesta direção.

✓ **$N20^{\circ}E\pm 5^{\circ}$**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções $NS\pm 5^{\circ}$ e $EW\pm 5^{\circ}$. Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções $N20^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ e $N65^{\circ}W\pm 5^{\circ}$.

Na área do Cenozóico, os eixos de máximos de frequência de fraturas são orientados segundo a direção $EW\pm 5^{\circ}$.

✓ **$N35^{\circ}E\pm 5^{\circ}$**

Para a área do Embasamento cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções $NS\pm 5^{\circ}$, $EW\pm 5^{\circ}$ e $N35^{\circ}E\pm 5^{\circ}$. Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também se orientam segundo as direções $N65^{\circ}E\pm 5^{\circ}$ e $N65^{\circ}W\pm 5^{\circ}$.

Na área do Cenozóico, não foram encontrados eixos de máximos de frequência de fraturas orientados nesta direção.

✓ **N65°E±5°**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções NS±5° e EW±5°. Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também se orientam segundo as direções N65°E±5° e N25°W±5°.

Na área do Cenozóico, não foram encontrados eixos de máximos de frequência de fraturas orientados nesta direção.

✓ **EW±5°**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções NS±5° e EW±5°. Em alguns pontos, os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções N20°E±5°, N65°E±5°, N35°E±5°, N40°W±5° e N65°W±5°.

Na área do Cenozóico, a orientação dos eixos é exercida pela própria direção EW±5°.

✓ **N25°W±5°**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções NS±5°, EW±5° e N25°W±5°. Em alguns pontos os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções N20°E±5° e N65°W±5°.

Na área do Cenozóico, não foram encontrados eixos de máximos de frequência de fraturas orientados nesta direção.

✓ **N40°W±5°**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções NS±5° e EW±5°. Em alguns pontos os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções N35°E±5°, N25°W±5° e N65°W±5°.

Na área do Cenozóico, não foram encontrados eixos de máximos de frequência de fratura orientados nesta direção.

✓ **N65°W±5°**

Para a área do Embasamento Cristalino, os eixos de máximos de frequência de fraturas orientam-se preferencialmente pelas direções NS±5° e EW±5°. Em alguns pontos os eixos de máximos de frequência de fraturas também são orientados segundo as direções N20°E±5°, N35°E±5°, N65°E±5°, N25°W±5° e N65°W±5°.

Na área do Cenozóico, os eixos de máximos de frequência de fraturas o controle é feito segundo a direção EW±5°.

A pouca ocorrência de eixos de máximos de fraturamentos nas áreas de desenvolvimento das seqüências de sedimentos de ocorrência cenozóica pode estar relacionada com o uso intensivo da terra, o que permitiu a extração de um número suficiente de elementos estruturais de relevo e drenagem das imagens, permitindo uma análise estrutural mais detalhada. Outro fator que dificultou a análise estrutural destas áreas foi a escassez dos dados de campo devido à falta de afloramentos ao longo dos perfis previamente definidos.

A análise dos eixos de máximos de fraturamento, conduz a identificação de direções de fraqueza mais antigas que condicionam o aparecimento das mais novas.

4.2.2 Análise Qualitativa dos Fotolineamentos

A análise qualitativa dos fotolineamentos foi realizada tendo como base medidas de campo e dados das imagens TM/LANDSAT-5 (Tabela 4.3), para as 8 direções preferenciais de fraturamento. A análise foi feita para a área total e cada uma das 4 sub-áreas, segundo as quais a região foi sub-dividida, com o objetivo de definir possíveis regiões de maior concentração de fraturas, segundo as direções de esforços.

TABELA 4.3

QUANTIDADE E FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE FRATURAS (IMAGEM/CAMPO)

DIREÇÕES		Áreas de Estudo		Área 1 (sul)		Área 2 (noroeste/seridó)		Área 3 (central)		Área 4 (leste/nordeste)	
		Imagem	Campo	Imagem	Campo	Imagem	Campo	Imagem	Campo	Imagem	Campo
NS±5°	Quant. de Fraturas	7.299	383	925	96	2.625	220	1.542	25	2.207	42
	Frequência (%)	17,6	13,2	16,6	20,1	17,6	13,5	18,4	7,2	17,6	9,1
N20°E±5°	Quant. de Fraturas	5.337	210	692	62	2.016	102	1.102	14	1.527	32
	Frequência (%)	12,9	7,2	12,4	13,0	13,5	6,3	13,1	4,1	12,2	6,9
N35°E±5°	Quant. de Fraturas	4.686	345	713	99	1.649	118	951	59	1.373	69
	Frequência (%)	11,3	11,9	12,8	20,8	11,1	7,3	11,3	17,0	10,9	14,9
N65°E±5°	Quant. de Fraturas	5.209	457	683	66	1.953	261	964	93	1.609	37
	Frequência (%)	12,6	15,7	12,2	13,8	13,1	16,1	11,5	26,9	12,8	8,0
EW±5°	Quant. de Fraturas	8.575	259	826	22	3.321	171	1.939	20	2.489	46
	Frequência (%)	20,7	8,9	14,8	4,6	22,3	10,5	23,1	5,8	19,8	9,9
N25°W±5°	Quant. de Fraturas	3.361	399	629	56	1.045	237	607	21	1.080	85
	Frequência (%)	8,1	13,7	11,3	11,7	7,0	14,6	7,2	6,1	8,6	18,4
N40°W±5°	Quant. de Fraturas	2.476	487	516	57	756	272	376	9	828	99
	Frequência (%)	6,0	16,7	9,2	12,0	5,1	16,7	4,5	17,0	6,6	21,4
N65°W±5°	Quant. de Fraturas	4.484	371	595	19	1.536	244	916	55	1.437	53
	Frequência (%)	10,8	12,7	10,7	4,0	10,3	15,0	10,9	15,9	11,5	11,4
TOTAL	Quant. de Fraturas	41.427	2.911	5.579	477	14.901	1.625	8.397	346	12.550	463

As diferenças entre as intensidades de ocorrência de fraturas no campo e nas imagens TM/LANDSAT, segundo as direções de esforços definidas neste trabalho, possivelmente estão relacionadas com o número de afloramentos visitados, com o forte controle estrutural que a direção pode exercer sobre a(s) outra(s) e com a presença de um grande número de propriedades agrícolas, o que dificultou a extração na imagem de dados de interesse para o trabalho.

De um modo geral a análise qualitativa dos fotolineamentos em relação as imagens TM/LANDSAT e campo, mostrou o seguinte:

✓ As direções $NS\pm 5^\circ$, $N35^\circ E\pm 5^\circ$, $N65^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ W\pm 5^\circ$ têm uma ocorrência praticamente homogênea na área de estudo, com frequência de fraturas nas imagens de 17,6%; 11,3%; 12,6%; e 10,8%; e, no campo, de 13,2%; 11,9%; 15,7% e 12,7%, respectivamente.

✓ As direções $N20^\circ E\pm 5^\circ$, $EW\pm 5^\circ$, $N25^\circ W\pm 5^\circ$ e $N40^\circ W\pm 5^\circ$ apresentaram variações significativas na área de estudo, com frequência de fraturas nas imagens de 12,9%; 20,7%; 8,1%; e 6,0%; e, no campo, 7,2%; 8,9%; 13,7%; e 16,7%, respectivamente.

✓ A direção $NS\pm 5^\circ$ tem uma ocorrência praticamente homogênea na área de estudo. No campo, esta direção tem uma intensidade de ocorrência *alta*, mas sua distribuição não é homogênea em toda área de estudo, com menores ocorrências nas áreas 3 (central) e área 4 (leste/nordeste), possivelmente relacionadas ao pequeno número de afloramentos visitados.

Não foi verificada no campo nenhuma foliação com esta direção e seu principal papel está relacionado apenas à tectônica rúptil, uma vez que caracteriza a direção de falhas inversas de alto ângulo.

✓ A direção $N20^\circ E\pm 5^\circ$ tem uma ocorrência que apresenta variações significativas na quantidade de fraturas imagem/campo, possivelmente relacionada ao forte controle estrutural que esta direção sofre das direções $NS\pm 5^\circ$ e $EW\pm 5^\circ$.

Não foi verificada em campo nenhuma foliação com esta direção e seu principal papel está relacionado somente à tectônica rúptil, que caracteriza a direção de falhas inversas de alto ângulo.

✓ Direções $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e $N40^\circ W\pm 5^\circ$

A direção $N35^\circ E\pm 5^\circ$ guarda uma proporção entre sua intensidade de ocorrência no campo e nas imagens. Todavia, a direção $N40^\circ W\pm 5^\circ$ tem uma intensidade de ocorrência *maior* nas imagens do que no campo, possivelmente pelo forte controle estrutural que as direções $NS\pm 5^\circ$ e $EW\pm 5^\circ$ exercem sobre a direção.

Verificou-se no campo que a direção $N35^\circ E\pm 5^\circ$ corresponde à direção de foliação das rochas do Embasamento Cristalino.

✓ Direções $N65^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ W\pm 5^\circ$

Estas direções guardam proporções entre suas intensidades de ocorrências nas imagens.

No campo, na área central, a **direção N65°E±5°** tem um percentual de frequência de **26,9%** e na imagem de **11,5%**, possivelmente deve-se ao grande número de propriedades agrícolas nesta área o que dificultou a extração na imagem dos fotolinhamentos.

No campo, a **direção N65°W±5°** apresentou na área sul um percentual de **4,0%** e na imagem de **10,7%**, possivelmente devido ao pequeno número de afloramentos visitados nesta área.

Verificou-se, no campo, que ambas as direções correspondem às direções de foliação das rochas do Embasamento Cristalino.

✓ A **direção EW±5°** apresenta variações significativas na frequência de ocorrência de fraturas na imagem/campo, na área de estudo e nas 4 sub-áreas. Tal fato se explica por conta de esta direção ser a principal condicionante do relevo de direção EW, caracterizado como montanhoso, de difícil acesso. Além do mais, estas áreas foram poucas visitadas no campo.

Verificou-se, em campo, que esta direção corresponde à direção de foliação das rochas do Embasamento Cristalino.

✓ A **direção N25°W±5°** apresentou uma intensidade de ocorrência de fraturas maior no campo do que nas imagens, havendo uma homogenização na área central, ocorrida possivelmente devido ao pequeno número de visitas nas demais áreas.

Analisando os diagramas de rosáceas no Mapa Tectônico, elaborados a partir dos dados de imagens TM/LANDSAT (Anexo F) para toda a área de estudo e suas sub-áreas, verifica-se que as ocorrências de fraturas predominam nas direções **NS±5°** e **EW±5°**, respectivamente. Ao analisar os dados de campo, verifica-se que as ocorrências de fraturas predominam nas direções **N25°E±5°**, **N35°E±5°**, **N65°E±5°**, **NS±5°** e **N40°W±5°**.

A análise das relações dos fotoalinhamentos, mostrou em determinadas áreas da região de estudo indícios de transcorrências.

Utilizando o modelo de RIEDEL (1929) com as modificações de SADOWSKI (1983), verificou-se que os fotoalinhamentos que apresentam evidências de movimentação horizontal, guardam entre si uma relação angular semelhante com aquela apresentada nos modelos citados. Como resultado desta análise, um sistema de cisalhamento foi determinado para a área de estudo.

Sistema destal de direção EW, para o qual foram definidos os falhamentos a seguir:

- ✓ Y_1 - falhas de rejeito direcional destal, conjugadas com falhas de gravidade, de direção $EW \pm 5^\circ$ paralela a sub-paralela à direção dos lineamentos de Patos e de Pernambuco de direção EW. Esta direção exerce um acentuado controle de drenagem.
- ✓ X_1 - falhas inversas e alto ângulo com direção próxima a $N20^\circ E \pm 5^\circ$.
- ✓ R_1^I - falhas de rejeito direcional sinistrais conjugadas com falhas de gravidade de direção aproximada à $N25^\circ W \pm 5^\circ$.
- ✓ P_1 - falhas de rejeito direcional destrais conjugadas com falhas de gravidade de direção $N65^\circ E \pm 5^\circ$.
- ✓ R_1 - falhas de rejeito direcional destrais conjugadas com falhas de gravidade de direção $N65^\circ W \pm 5^\circ$.
- ✓ T_1 - falhas de tração de direção aproximada $N40^\circ W \pm 5^\circ$, formando um ângulo de $\pm 30^\circ$ com R_1 e ocupa posição paralela à P_2 .

Este sistema Y_1 de cisalhamento, a direção principal do esforço σ_1 foi de $N60^\circ W \pm 5^\circ$ para SE.

Associados a este sistema de cisalhamento, ainda ocorreram os seguintes falhamentos:

- ✓ Y_2 - falhas de rejeito direcional sinistrai, conjugadas com falha gravitacional, paralela a direção próxima a $N65^\circ W \pm 5^\circ$.
- ✓ R_2 - falhas de rejeito direcional sinistrais conjugadas com falha gravitacional de direção $EW \pm 5^\circ$ (sub-paralelas ao lineamento de Patos) e sintéticas a Y_2 .
- ✓ R_2^I - falhas de rejeito direcional destrais, conjugadas com falhas de gravidade de direção aproximada a $N35^\circ E \pm 5^\circ$.
- ✓ T_2 - falha de tração com direção próxima a $N65^\circ E \pm 5^\circ$ formando um ângulo de 30° com R_2^I e ocupa posição paralela a P_1 .
- ✓ P_2 - falhas de rejeito direcional sinistrais, conjugadas com falhas de gravidade, de direção aproximada a $N40^\circ W \pm 5^\circ$, é paralela a T_1 e simétrica a R_2 .
- ✓ X_2 - falha inversa de alto ângulo de direção próxima a $NS \pm 5^\circ$.

Todas as direções relacionadas com os falhamentos, foram estudadas no campo. Além dos indícios de movimentos horizontais, tanto destrais como sinistrais, foram observados também indícios de movimentos verticais, relacionados a falhamentos normais. Quanto às falhas inversas de alto ângulo (falhas X_1 e X_2), praticamente não foi possível identificá-las no campo, devido ao tempo e por apresentarem-se praticamente verticalizadas. De uma maneira geral, as direções $NS\pm 5^\circ$ e $N20^\circ E\pm 5^\circ$ são definidas como direções de falhas e fraturas fechadas resultantes dos esforços compressivos e as direções $N40^\circ W\pm 5^\circ$ (T_1) e $N65^\circ E\pm 5^\circ$ (T_2) representam as principais direções de desenvolvimento de fraturas abertas como resultantes dos esforços distensivos. As falhas Y_1 , P_1 , R_1 e R^1 também associam-se falhas de gravidade (elementos abertos) e zonas cataclásticas (Milonitizadas).

4.2.3 Análise da Assimetria da Rede de Drenagem e do Relevo

De um modo geral, o padrão de drenagem da área de estudo é definido como dendrítico, com densidade alta de elementos texturais e um grau médio de uniformidade, visto que a maior densidade de drenagem está relacionada à porção oeste e sul da região.

A análise da assimetria de relevo e drenagem forneceu indicativos de condicionantes hidrogeológicos (Anexo D), através do traçado das linhas de condicionantes hidrogeológicos das águas de subsuperfície que, em termos estruturais, permitiram as seguintes considerações:

Na região a Sudoeste de Cubatí, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea indicam que as águas de subsuperfície tendem a fluir de Sudoeste para Nordeste;

Ao Norte e Nordeste de Cubatí, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea é de Nordeste para Sudoeste e de Norte para Sul em direção a calha do Riacho Cubatí. Esta mesma linha é observada mais para Norte nas regiões de Pedra Lavrada e Nova Palmeira;

Na região de Olivados, observa-se que as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea é de Nordeste e de Nordeste para Sudeste, tendo como ponto de convergência as calhas dos Riachos do Cocho e do Meio;

Da região do açude do algodão e a Sul de Barra de Santa Rosa, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea é de direção geral $N65^\circ E\pm 5^\circ$;

A Sudoeste de Barra de Santa Rosa, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea é de leste para oeste e de oeste para leste em direção as calhas dos Riachos Caralbeiras e Peleiro;

Ao norte de Barra de Santa Rosa, as linhas de condicionantes hidrogeológicos é de sul para norte, em direção à calha do Rio Campo Comprido;

Na região de São Bento do Trairi (RN), as linhas de condicionantes hidrogeológicos é de oeste para leste e na região de Coronel Ezequiel (RN) a tendência geral é de sul para norte;

Ao norte de Nova Palmeira, passando por Picuí, Frei Martinho até a porção norte da área de estudo, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea é de leste para oeste e de oeste para leste em direção à calha do Rio Picuí. Outro fator importante é que desde a porção norte da área de estudo, passando pelas regiões de Santa Luzia do Picuí e Baraúnas, até a região a leste de Cubatí, a sul da área de estudo, as linhas de condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea mostram a existência de um alto estrutural que faz o papel de divisor de água entre as bacias hidrográficas dos Rios Jacu e Curimataú e o Rio Picuí. Além do mais, este alto estrutural tem uma relação direta com as ocorrências das seqüências de sedimentos Cenozóicos nas regiões de Cuité, Nova Floresta e a nordeste de Cubati, como também, na região central, com a ocorrência de um possante maciço de rochas granitóides de composições diversas e de formato alongado, na direção norte-sul.

4.3 ÁREAS FAVORÁVEIS À PESQUISA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Segundo os critérios estabelecidos na Tabela 3.3, "Estruturas e Combinações Segundo Ordem de Prioridade", as áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea são discriminadas no **Mapa Integrado** (Anexo H), que reúne informações sobre lineamentos estruturais, feixes de fraturas (juntas) e condicionantes hidrogeológicos de água subterrânea.

As áreas assinaladas no Mapa Integrado referem-se àquelas que ocupam a posição de prioridade máxima dentro da Tabela 3.3. Também foram selecionadas 4 áreas de baixa potencialidade à pesquisa de água subterrânea, e serem utilizadas como parâmetros de estudo. As demais áreas ficam implícitas neste Mapa, podendo ser discriminadas através da referida tabela.

A delimitação das áreas prioritárias à pesquisa de água subterrânea foi feita através de círculos segmentados, como forma de enfatizar que seus limites são apenas estimados. Tal fato implica dizer que as pesquisas que forem desenvolvidas nestas áreas deverão ser iniciadas, preferencialmente, a partir do ponto central dos círculos e prosseguidas rumo à borda destes. Além disso, as pesquisas deverão se concentrar ao longo das feições maiores (lineamentos), já que são consideradas estruturas propícias ao acúmulo de água subterrânea.

Na área de estudo, comprovou-se a existência de estruturas configuradas sob a forma de sistemas conjugados (falhas R e R¹ do modelo de RIEDEL), que apresentam prioridade máxima na Tabela 3.3., acima mencionada. Com isso, considerou-se como setores prioritários os cruzamentos dos sistemas conjugados abertos, feixe(s) x feixe(s), feixe(s) x lineamento(s) e lineamento(s) x lineamento(s), que correspondem às posições

AI1, AI2 e AI3. Secundariamente considerou-se os elementos estruturais híbridos e fechados.

4.3.1 Elementos Estruturais Abertos

ÁREA I - do tipo AI1, localizada na porção central da área de estudo, ao sul de Baraúnas, na localidade Cisplatina. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s)* x *feixe(s)* de direções $EW\pm 5^\circ$ e $N35^\circ E\pm 5^\circ$. Associado ao feixe de direção $N35^\circ E\pm 5^\circ$ existe um lineamento de mesma direção, em área de divergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA II - do tipo AI1, localizada na porção leste/nordeste da área de estudo, próximo a localidade Cabaças a leste do município de Cuité. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s)* x *feixe(s)* de direções $EW\pm 5^\circ$ e $N25^\circ W\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA III - do tipo AI2, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, ao norte de Frei Martinho na localidade Serra da Umburana. Caracteriza-se pelo cruzamento de *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção dos feixe(s) de $EW\pm 5^\circ$ e $N65^\circ E\pm 5^\circ$ e lineamento $EW\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA IV - do tipo AI3, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, ao norte de Frei Martinho na localidade Areias. Caracteriza-se pelo cruzamento de *lineamento(s)* x *lineamento(s)* de direções $EW\pm 5^\circ$ e $N35^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo.

ÁREA V - do tipo AI2, localizada na porção central da área de estudo, a nordeste de Cubati, próximo a localidade Campinho. Caracteriza-se pelo cruzamento de *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção do feixe $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e lineamento de direção $EW\pm 5^\circ$. Associado ao feixe de direção $N35^\circ E\pm 5^\circ$ existe um lineamento de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Nesta área, existem dois poços de profundidades 48 m e 90 m com vazões de 4.500 e 5.000 l/h respectivamente.

ÁREA VI - do tipo AI3, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo a sudeste de Frei Martinho. Caracteriza-se pelo cruzamento de *lineamento(s)* x *lineamento(s)* de direções $N65^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ W\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea

ÁREA VII - do tipo AI2, localizada na porção sul da área de estudo, a oeste de Seridó, próximo a localidade Serra Verde. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção do feixe de $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e do lineamento $N65^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Existe na área um poço de profundidade de 67 m com uma vazão de 4.500 l/h.

ÁREA VIII - do tipo AI2, localizada na porção sul da área de estudo, ao sul de Cubati na localidade Capoeira. Caracteriza-se pelo cruzamento de *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção dos feixes de $EW\pm 5^\circ$ e $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e lineamento de direção $N65^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA IX - do tipo AI2, localizada na porção sul da área de estudo, a sudeste de Olivedos na localidade Avelós. Caracteriza-se pelo cruzamento de *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção dos feixes de $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ W\pm 5^\circ$ e lineamentos de direções $EW\pm 5^\circ$ e $N35^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA X - do tipo AI2, localizada na porção leste/nordeste da área de estudo, a nordeste de Barra de Santa Rosa. Caracteriza-se pelo cruzamento de *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção do feixe de $N65^\circ E\pm 5^\circ$ e lineamento de direção $N25^\circ W\pm 5^\circ$. Associado ao lineamento de direção $N25^\circ W\pm 5^\circ$ existe um feixe de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREAS XI e XII - do tipo AI3, localizadas na porção leste/nordeste da área de estudo, ao norte de Coronel Ezequiel (RN). Caracteriza-se pelo cruzamento de *lineamento(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção dos lineamentos de $N25^\circ W\pm 5^\circ$ e $N65^\circ E\pm 5^\circ$. Associado aos lineamentos de direção $N65^\circ E\pm 5^\circ$ existem feixes de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XIII - do tipo AI3, localizada na porção central da área de estudo, a nordeste de Picuí na localidade Bom Jesus. Caracteriza-se pelo cruzamento de *lineamento(s)* x *lineamento(s)*, de direções $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XIV - do tipo AI2, localizada na porção central da área de estudo, ao sul de Baraúnas próximo a localidade Saquinho. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção do feixe de $N40^\circ W\pm 5^\circ$ e lineamento de direção $EW\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Existe na área um poço de profundidade 60 m com uma vazão de 9.700 l/h.

ÁREA XV - do tipo AI2, localizada na porção central da área de estudo, a nordeste de Picuí próximo a localidade Marís Pretos. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s)* x *lineamento(s)*, sendo a direção do feixe de $N65^\circ W\pm 5^\circ$ e lineamento(s) de direção $N65^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XVI - do tipo AI3, localizada na porção central de estudo, a oeste de Barra de Santa Rosa próximo a localidade Algodão. Caracteriza-se pelo cruzamento *lineamento(s)* x *lineamento(s)* de direções $N35^\circ E\pm 5^\circ$ e $N65^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Existe na área um poço de profundidade de 30 m com uma vazão de 7.000 l/h.

4.3.2 Elementos Estruturais Híbridos

ÁREA XVII - do tipo BI1 localizada na porção central da área de estudo, a oeste de Nova Floresta próximo a localidade Evaristo. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção EW±5° e lineamentos de direção NS±5° e N65°E±5°, em área de divergência de fluxo de água subterrânea. Existe na área um poço de profundidade de 19 m com uma vazão de 6.700 l/h.

ÁREA XVIII - do tipo BI1, localizada na porção sul da área de estudo, a norte de Olivados, na localidade Ipueira. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção EW±5° e lineamento de direção NS±5°, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XIX - do tipo BI2, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, a sudeste de Frei Martinho. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção NS±5° e lineamento de direção EW±5°. Associado ao feixe de direção NS±5° existe um lineamento de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XX - do tipo BI2, localizada na porção central da área de estudo, a sudeste de Picuí. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção NS±5° e lineamento de direção N65°E±5°. Associado ao lineamento de direção N65°E±5° existe um feixe de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XXI - do tipo BIV, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, a sul de Picuí na localidade Barra Nova. Caracteriza-se pelo cruzamento *lineamento(s) x lineamento(s)* de direções NS±5° e N65°E±5°. Associado ao lineamento NS±5° existe um feixe de mesma direção, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Existe na área um poço com 64 m de profundidade e com vazão de 3.000 l/h.

ÁREA XXII - do tipo BI4, localizada na porção leste/nordeste da área de estudo, a sudeste de Barra de Santa Rosa na localidade Serrote do Paredão. Caracteriza-se pelo cruzamento *lineamento(s) x lineamento(s)* de direções NS±5°, N35°E±5° e N25°W±5°, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XXIII - do tipo BI4, localizada na porção leste/nordeste da área de estudo a sudeste de São Bento do Trairi-RN. Caracteriza-se pelo cruzamento *lineamento(s) x lineamento(s)* de direções NS±5° e N35°E±5°, em área de convergência de fluxo de água subterrânea.

ÁREA XXIV - do tipo BI1, localizada na porção central da área de estudo, ao sul de Sossego próximo a localidade Campo Novo. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção N65°W±5° e lineamento de direção N25°E±5°, em área de divergência de fluxo de água subterrânea. Nesta área, observa-se também a existência de lineamento de direção N65°W±5°. Existe na área um poço com profundidade de 60 m e vazão de 5.000 l/h.

ÁREA XXV - do tipo B11, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, ao norte de Nova Palmeira na localidade Cacimbinha. Caracteriza-se pelo cruzamento *feixe(s) x lineamento(s)*, sendo o feixe de direção $EW\pm 5^\circ$ e lineamento de direção $N25^\circ E\pm 5^\circ$, em área de convergência de fluxo de água subterrânea. Próxima a área existe um poço com 20 m de profundidade e vazão de 5.000 l/h.

4.3.3 Áreas com Baixa Potencialidade à Pesquisa de Água Subterrânea

Área A - do tipo AI3, localizada na porção noroeste/seridó da área de estudo, ao sul de Frei Martinho na localidade Clemência. Caracteriza-se pelo cruzamento *lineamento(s) x lineamento(s)* de direções $EW\pm 5^\circ$ e $N25^\circ E\pm 5^\circ$, posicionando-se nas bordas da área em área de divergência de fluxo de água subterrânea. O poço existente na área tem uma profundidade de 60 m e vazão nula.

Área B - localizada na porção central da área de estudo a nordeste de Baraúnas na localidade Salgado. Caracteriza-se pela não ocorrência de elementos estruturais (*feixes e lineamentos*) e área de divergência de fluxo de água subterrânea. O poço existente na área tem uma profundidade de 40 m e uma vazão de 100 l/h.

Área C - localizada na porção noroeste/seridó ao norte de Picuí na localidade Pimenteira. Caracteriza-se pela não ocorrência de elementos estruturais (*feixes x lineamentos*) e área de divergência de fluxo de água subterrânea. O poço existente na área apresenta uma profundidade de 50 m e uma vazão nula.

Área D - do tipo AIII2, localizada na porção leste/nordeste da área de estudo, ao norte de Barra de Santa Rosa na localidade Quandú. Caracteriza-se pela presença de um único *lineamento (sem cruzamento com outros elementos estruturais)* de direção $EW\pm 5^\circ$ e em área de divergência de fluxo de água subterrânea. O poço existente na área tem profundidade de 70 m e vazão nula.

As direções de maiores possibilidades para às pesquisas de água subterrânea na área de estudo, quando há concordância com as linhas de condicionantes hidrogeológicos das águas subterrâneas, são:

- ✓ $N65^\circ E\pm 5^\circ$, representando 26,79% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ $N35^\circ E\pm 5^\circ$, representando 19,64% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ $EW\pm 5^\circ$, representando 19,64% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ $NS\pm 5^\circ$, representando 14,29% das direções presentes nos cruzamentos;

- ✓ **NS±5°**, representando 14,29% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ **N25°W±5°**, representando 10,71% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ **N65°W±5°**, representando 5,35% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ **N25°E±5°**, representando 1,79% das direções presentes nos cruzamentos;
- ✓ **N40°W±5°**, representando 1,79% das direções presentes nos cruzamentos.

Partindo destas informações, verifica-se que as melhores áreas para pesquisa em água subterrânea na área de estudo, estão relacionadas principalmente com as direções: **N65°E±5°**, **N35°E±5°** e **EW±5°**.

4.4 RESULTADOS DO PROCESSO DIGITAL

Os procedimentos descritos na seção 3.1.7 possibilitaram a geração de uma base digital contendo 10 planos de informação a saber: **PI dren** (Drenagem Total e Açudes), **PI estr** (Estradas Pavimentadas, S/Pavimentação, Caminhos e Cidades/Distritos), **PI flux** (Condicionantes Hidrogeológicos), **PI feix** (Feixes de Fraturas), **PI eixo** (Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas), **PI line** (Lineamentos Estruturais e Drenagem Principal), **PI poco** (Poços Profundos), **PI limi** (Limite da Área e Interestadual), **PI cami** (Pontos de Observação de Campo) e **PI arfa** (Áreas Favoráveis à Pesquisa de Água Subterrânea). Estes dados foram gerados pelo sistema de informação geográfica (**SIG**), estando disponíveis em disquete (Anexo J) no formato **SITIM/SIGI**. Os dados relacionados acima, poderão ser usados para futuros trabalhos baseados na análise de dados georreferenciados da área estudada.

O disquete contém os seguintes arquivos:

- ✓ **LEIAME.TXT** : Descrição do conteúdo do disquete e informações básicas para o seu uso.
- ✓ **DREN** : Dados da rede de drenagem total e estrutura hídrica superficial.
- ✓ **ESTR** : Dados da rede rodoviária pavimentada, s/pavimentação e caminhos e de cidades/distritos.
- ✓ **FLUX** : Dados das linhas de condicionantes hidrogeológicos.

- ✓ **FEIX** : Dados dos feixes de fraturas.
- ✓ **EIXO** : Dados dos eixos de máximos de frequência de fraturas.
- ✓ **LINE** : Dados dos lineamentos estruturais e drenagem principal.
- ✓ **POCO** : Dados de poços profundos.
- ✓ **LIMI** : Dados do limite da área estudada e limite interestadual.
- ✓ **CAMI** : Dados dos pontos visitados no trabalho de campo.
- ✓ **ARFA** : Dados das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea.
- ✓ **MAPA** : Dados do Mapa Integrado.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS e PERSPECTIVAS

5.1 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as conclusões geradas a partir deste estudo, destacam-se as que seguem:

1. A utilização conjunta de recursos de sensoriamento remoto (imagens TM/LANDSAT-5) e geoprocessamento (SITIM/SGI), aliados a dados bibliográficos pré-existent e resultantes do trabalho de campo, propiciou satisfatoriamente o cumprimento dos objetivos desta dissertação;

2. As imagens TM/LANDSAT-5, na escala de 1:100.000 e o Mapa Geológico do Estado da Paraíba, na escala de 1:500.000, mostraram-se adequados à análise regional de densidade e de direções de fraturamentos. Neste nível de informação, foi possível diferenciar áreas anômalas fraturadas, bem como identificar feições tectôno-estruturais de origem distensiva e compressiva que puderam determinar o padrão geral de fraturamento;

3. A análise dos fotoalinhamentos baseada no modelo de RIEDEL para zonas de cisalhamento e com o auxílio dos dados de campo e do Mapa Geológico do Estado da Paraíba definiu uma zona de cisalhamento de caráter dextral, de direção E-W, paralela a sub-paralela aos lineamentos de Patos e de Pernambuco e falhamentos associados a esta zona;

4. Na definição das áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, verificou-se, através da análise da zona de cisalhamento de caráter dextral e de falhamentos associados a esta zona, que as principais direções a ser pesquisadas são $N65^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ e $N40^{\circ}W \pm 5^{\circ}$, relacionadas às falhas normais e, secundariamente, $N35^{\circ}E \pm 5^{\circ}$, $EW \pm 5^{\circ}$, $N25^{\circ}W \pm 5^{\circ}$ e $N65^{\circ}W \pm 5^{\circ}$, relacionadas às falhas transcorrentes conjugadas com falhas de gravidade. As direções menos favoráveis à pesquisa de água subterrânea são $NS \pm 5^{\circ}$ e $N20^{\circ}E \pm 5^{\circ}$. As direções de maior ocorrência na área de estudo foram $N65^{\circ}E \pm 5^{\circ}$, $N35^{\circ}E \pm 5^{\circ}$ e $EW \pm 5^{\circ}$;

5. Na área de estudo, as vazões dos poços tubulares já existentes mostraram-se compatíveis com o grau de prioridade das áreas selecionadas, o que só vem reforçar os critérios aqui propostos para a seleção de áreas favoráveis à pesquisa de água subterrânea;

6. Nas áreas selecionadas favoráveis à pesquisa de água subterrânea, a confiabilidade na perfuração de poços fica condicionada à realização de estudos hidrogeológicos detalhados;

7. O uso de dados de sensores remotos de baixa resolução espacial (imagens TM/LANDSAT-5), aliado a trabalhos de campo, permite a determinação de áreas propícias à pesquisa de água subterrânea em um espaço de tempo relativamente curto e a custos acessíveis;

8. O Sistema de Informações Geográficas (SGI-340-INPE/ENGESPAÇO) se mostrou uma ferramenta útil na elaboração do mapa final, permitindo a sobreposição dos diversos temas pré-definidos, bem como a inserção de legendas, símbolos e textos explicativos, agilizando o processo de geração de produtos cartográficos.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A continuidade deste trabalho ou a consideração de novas abordagens que possam utilizá-lo como respaldo técnico poderia ser sintetizada através dos seguintes temas:

1. Utilização da base de dados gerada, na análise de outros temas, tais como a avaliação do potencial de água superficial, avaliação do uso da terra, estudo da capacitação da rede de drenagem e estudo de impactos ambientais, dentre outros;

2. Extensão da aplicação da metodologia utilizada a áreas adjacentes à área de estudo, bem como a outras áreas com características similares;

3. Complementação dos procedimentos de digitalização dos dados compilados neste trabalho, através de um sistema de geoprocessamento (SITIM/SGI ou similar), levando-se em conta em especial os trabalhos das demais equipes que pesquisam a região em estudo.

4. Exploração dos dados georreferenciados da base digital atualizada para a geração de uma nova gama de informações e possibilitar a automação de alguns procedimentos de análise e/ou o desenvolvimento de ferramentas de auxílio à tomada de decisão ligadas aos recursos hídricos da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIYEV, A. **Regional fracturing of the pamits an its metallogenic significance.** In: DOHLADY AKADEMIY NAUK SSSR. Moscou: 1980. (v. 250): 90-93.
- ALLUM, J. A. E. **Photogeology and regional mapping.** London: Pergamion press, 1969. 108pp.
- ALVES, D. S. **Sistemas de Informações Geográficas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990. **Anais.** São Paulo: Epusp, 1990. pp.66-78.
- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. **Manual remote sensing.** Falls Church: 1983. 2v.
- BARBOSA, O. et al. **Geologia econômica de parte da região médio São Francisco, Nordeste do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM-PFPM, 1970. 97pp. il. (Bol. 140).
- BARBOSA, A.J. & BRAGA, A. de P. G. **Projeto leste da Paraíba/Rio Grande do Norte.** Recife: DNPM/CPRM, 1973/1974. v.4. (Relatório Final).
- BARBOSA, M. P. **Tratamento automático de imagens.** São José dos Campos: INPE, 1984. 50pp. (INPE-3001-MD/024).
- BARBOSA, M. P. **Estudo do relacionamento genético de feições geológicas da região do Espinhaço Meridional e adjacências (MG).** São Paulo: USP, 1988. (Tese de Doutorado).
- BARROS, M. A. de & QUEIROZ, J. E. R. de. **Processamento Digital de Imagens Multiespectrais.** Campina Grande: UFPB/CCT/LMRS, 1992. 163pp. (Publicação interna).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **I - Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado da Paraíba. II - Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Sedegra, 1972. 283pp.

- CDRM. **Cadastro de poços do Estado da Paraíba.** Divisão de Hidrogeologia e Sondagem. Campina Grande: 1982a.
- CDRM-Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba. **Mapa Geológico do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1982b.
- DRURY, S. A. **Geocartografia.** São Paulo: Companhia Editora Nacional/Editora da Universidade de São Paulo. 1987.
- EBERT, H. **Baustil und regional metamorphose im Praekambrischen Grund Gebirge Brasiliens.** Tsch. Mineral, Petrographische Mitteil, 1961/1962. 8 (1): 49-81.
- EBERT, H. **The precambrian geology of the "Borborema Belt" (States of Paraíba and Rio Grande do Norte, Northeastern Brasil) and the origin of its mineral provinces.** Stuttgart: Geol. Rundschau, 1970. 53 (3): 1292-1326.
- ENGESPAÇO. **Manual Básico do Sistema Geográfico de Informações-SGI.** São Bernardo do Campo: Engespaço Ind. e Com. LTDA, 1993. 152pp.
- ENNES, E. R. & SANTOS, da S. A. **Projeto Picuí.** Recife: CNEN-CPRM, 1975. 2v. (Relatório Final).
- FERREIRA, J. A. M. **Considerações sobre uma estratigrafia do Seridó.** Rio de Janeiro: Eng. Min. Met., 1967. 45(265): 25-28.
- FERREIRA, J. A. M. & ALBUQUERQUE, J. P. T. **Sinopse da geologia da folha Seridó.** Recife: SUDENE-Div. Geol., 1969. (Série Geologia Regional, 18).
- FERREIRA, J. A. M. et. alii. **Mapa Geológico do Estado da Paraíba.** Campina Grande: CINEP/ATECEL, 1979. 12pp.
- FIPLAN. **Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba-Recursos Naturais.** João Pessoa: 1980. v.1.
- GUEDES, F. X. **Aplicação de dados de sensores remotos de baixa resolução espacial, na pesquisa de água subterrânea: Bacia do Rio do Peixe e adjacências (PB, CE e RN).** Campina Grande: 1993. 111pp, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil-Recursos Hídricos) - Universidade Federal da Paraíba.
- GUY, M. **Quelques principes et quelques expériences sur la méthodologie de la photointerprétation.** In: Symposium International de Photointerprétation, 1966. 2. Acte. v.1. 21-24. Paris.
- HOLDER NETO, F. & SILVA, E. J. B. da. **Formação Campos Novos : nova unidade estratigráfica no nordeste brasileiro.** Estudos Sedimentológicos. Natal: UFRN-Imprensa Universitária, 3/4: 79-87, 1973/74.

- LILLESAND, T. M. & KIEFFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** New York: John Willes & sons, 1978. 634pp.
- LILLESAND, T. M. & KIEFFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation.** New York: John Willes & sons, 1987.
- LINTZ Jr., J. & SIMONETT, D. S. **Remote sensing of enviroment.** Reading-MA: Addison-wesley publ. co. inc. advanced book programm, 1976. 713pp.
- LUEDER, D. R. **Aerial photographic interpretation: principles and applications.** New York: McGraw Hill, 1979. 161pp.
- MATHER, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introducion.** Bury St Edmunds: John Wiley & Sons, 1987.
- MEDEIROS LIMA, et alii. **Projeto scheelita do Seridó.** Recife: DNPM/CPRM, 1980. v.5. (Relatório Final).
- MILLER, V. C. **Photogeoly.** New York-Toronto-London: Mcgraw Hill Book Co. Inc., 1961. 248pp.
- MINTER. **Projeto Sertanejo.** Manual Técnico Específico de Procedimento-Texto. Recife: Hidroservice, 1984. v.1.
- MOORE, G. K. & WATZ, F. A. **Objective procedures for lineament enhancement and extration.** Photogr. Eng. and R. Sensing, 1980. v.49 (5): 641-647.
- NASA-NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **LANDSAT-4 data users handbook.** Washington: USGS/EDC, 1984. pp210.
- NORTHFLEET, A. A.; BETTINI, C.; CHAVES, H. A. F. Aplicação da geomatemática à prospecção de petróleo ; análise de fraturas por polinômios ortogonais. São Paulo: Cong. Bras. Geol.,25, São Paulo, 1971.*Anais...* São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. v.3. pp.61-70.
- PARAIBA. Secretaria de Energia e Recursos Minerais. Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba. **Mapa Geológico do Estado da Paraíba-Texto Explicativo.** Campina Grande: Grafset, 1982. 133pp.
- PARAIBA. Secretaria de Recursos Hídricos da Paraíba-SRH. **Diagnóstico da bacia do rio Seridó.** João Pessoa: TSE, 1984a. v.3. (TOMO I). 166pp.
- PARAIBA. Secretaria de Recursos Hídricos da Paraíba-SRH. **Diagnóstico das bacias dos rios Jacu e Curimatau.** João Pessoa: TSE, 1984b. v.5. (TOMO I). 165pp.

- PARAIBA.** Secretaria de Planejamento. **Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Características Físico-Climáticas das Bacias Hidrográficas do Estado da Paraíba. Anexo 1.** Campina Grande: Convênio: SEPLAN/ATECEL, 1994a. 61pp. (Convênio FDE-028/93).
- PARAIBA.** Secretaria de Planejamento. **Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Caracterização Hidrogeológica do Estado da Paraíba. Anexo 2.** Campina Grande: SEPLAN/ATECEL, 1994b. 15pp. (Convênio FDE-028/93).
- PLICKA, M.** **Observations on joint zones in Maravia Czechoslovakia.** In: PROCEEDINGS OF THE FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE NEW BASEMENT TECTONICS. Utah: Utah Publ., 1974. 5: 279-289.
- QUEIROZ, J. E. R. de.** **Sistemas de Informação Geográfica.** Campina Grande: UFPB/CCT/LMRS, 1994. 120 pp. (Inédito)
- RICCI, M. & PETRI, S.** **Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica.** São Paulo: Co. Editora Nacional, 1965. 226pp.
- RICHARDS, J. A.** **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction.** Munique: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1986.
- RIEDEL, W.** **Zur mechanik geologischer Brucher.** Scheinunger Central Bl. Min. Geol. und Pal., 1929. v.8: 354-368.
- RIVERAU, J. C.** **Notas de aula do curso de fotointerpretação.** Sociedade de Intercâmbio Cultural e Estudos Geológicos. XI Semana de Estudos. Ouro Preto: 1972.
- SABINS Jr., F. F.** **Remote sensing principles and interpretation.** San Francisco: W. H. Freeman & Co., 1978. 437pp.
- SADOWSKI, G. R.** **Sobre a geologia de cinturões de cisalhamento continentais.** São Paulo: USP, 1983. 108pp. (Tese de Doutorado).
- SANTOS, A. R. dos.** **Estudos sobre tectônica de fraturamento da região do quadrilátero ferrífero e em partes do complexo migmatito-granulítico de Minas Gerais com base em sensoriamento remoto.** São Paulo: USP, 1986. (Tese de Doutorado).
- SAMPAIO, O. S.** **Estudo de fraturamento como subsídio à pesquisa de água subterrânea no Estado de Sergipe: uma abordagem através de dados de sensoriamento remoto.** São José dos Campos: INPE, 1987. (Tese de Mestrado).
- SILVA NETO, A. F. da.** **Avaliação dos recursos hídricos e uso da terra na bacia do Alto Rio Sucuru, com base em imagens TM-LANDSAT-5.** Campina Grande, 1993. (Tese de Mestrado).

- SOARES, P. C. & FIORI, A. P. **Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia**. Campinas: Wot. Geomorfol., 1976. Nº. 16 (32): 71-104.
- SOUZA, R. C. M. de et al. **O desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica e de Processamento Digital de Imagens no INPE**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO. São Paulo: EPUSP, 1990. pp.168-173.
- SUDENE. **Folha Picuí (SB.24-R-IV)**. Folha topográfica, 1970. Escala 1:100.000.
- SUDENE. **Folha Santa Cruz (SB.24-Z-B-III)**. Folha topográfica, 1985. Escala 1:100.000.
- TATOR, B. A. **Photointerpretation in geology**. In: Manual of photographic interpretation. Washington: Amer. Soc. Photog., 1960. pp.169-342.
- VENEZIANI, P. & ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. (2227-MD/014). 61pp.
- VENEZIANI, P. **Análise de movimentos da tectônica rúptil e rúptil-dúctil através da interpretação de produtos de sensores remotos na região do Espinbaço Meridional (MG): uma correlação com os processos evolutivos**. São Paulo: USP, 1986. (Tese de Doutorado).
- VIALON et al. **Eléments de tectonique**. Paris: Masson, 1976. 115pp.
- WANDERLEY, B. V. D. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e processamento na análise de fotoalinhamentos como subsídio à pesquisa de água subterrânea**. Campina Grande, 1995. 27pp. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas) - UFPB/CCT/DEAg.

ANEXOS

- ANEXO A :** *Mapa Geológico*
- ANEXO B :** *Mapa dos Eixos de Máximos de Frequência de Fraturas*
- ANEXO C :** *Mapa da Rede de Drenagem*
- ANEXO D :** *Mapa da Rede de Drenagem e de Condicionantes Hidrogeológicos*
- ANEXO E :** *Mapa de Fraturas e de Feixes de Fraturas*
- ANEXO F :** *Mapa Tectônico*
- ANEXO G :** *Mapa de Caminhamento*
- ANEXO H :** *Mapa Integrado*
- ANEXO I :** *Cadastro de Poços*
- ANEXO J :** *Base Digital com os Mapas Gerados (Disquete)*

ANEXO A

MAPA GEOLÓGICO

MAPA GEOLÓGICO

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

CENOZÓICO TERCIÁRIA

Tcn

Formação Campos Novos: argilas das bentoníticas e montmorilonicas, com níveis de "chert" fossilíferos.

Thcm

Grupo Barrocas: Formação Serra dos Martins: arenitos argilosos e caulinosos, arenitos conglomeráticos.

ROCHAS NAS EFUSIVAS MESA-CENOZÓICAS TERCIÁRIA

Tdb

(Diabásios e basaltos)

PRÉ-CÉ-CAMBRIANO SUPERIOR

pEAn

Grupo Seridó: Formação Equador: Mr: Muscovita-quartzitos com fácies arenosa e para, itabirites e metaconglomerados.

pEAn1

Grupo Seridó: Formação Jacurutu: rda: hornblenda-gnaiss epidotífero, biotite-gnaiss e gnaiss quartzo-feldspático, incluindo sítio núcleo do outeiro cristalino (oc).

pEAn

Grupo Seridó: Formação Seridó: s6: biotite-xisto, biotite-xisto granitífero, biotite-xisto com grenada e/ou sillimanite, cordierierite, actinolite, andaluzite, localmente feldspatizados.

pEAg

Rochas plutônicas granulares, gran granitoides: granitos, granodioritas, tonalites, monzonites

pEAg

Rochas plutônicas granulares, gran granitoides: granitos, pegmatóides

pEAg

Rochas plutônicas granulares, gran granitoides: granitos alcalinos

PRÉ-CÉ-CAMBRIANO INDIVISO

pEgn

Complexo gálico-migmatítico, iso, incluindo outeiro cristalino (oc)

pEgr

Complexo gálico-migmatítico; iso; rochas granitoides: granitos, granodioritas, tonalites, monzonites.

CONVENÇÕES ESTRUTURAIS

Contato

Traco de falhamento

Falha indiscriminada

Falha inversa

Atlicinal

Anticlinal montante e

caimento do eixo

Anticlinal invertida

Breguanticlinal

Sinclinal

Sinclinal invertida

OCORRÊNCIAS OU DEPÓSITOS MINERAIS

TIPO MORFOLÓGICO

Filão ou veio

Lente

Conado

Disseminação

CLASSIFICAÇÃO

METÁLICOS

Miocris de Pegmatite - p

Cobre - cu

Berilo - be

Molibdenita - mb

Scheelite - w

NÃO METÁLICOS

Amianto - an

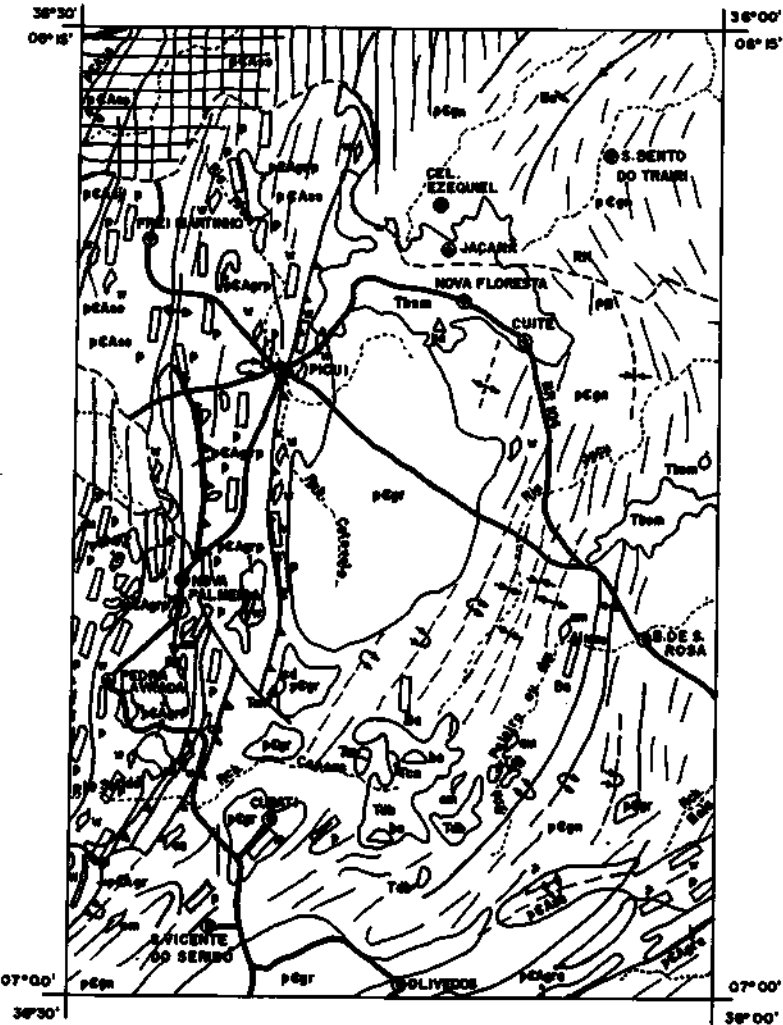
Berilo - be

Bentonita - be

Colcoário - cc

Colcoário - cc

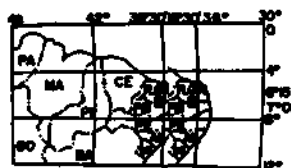
Caulim - ka



CARTOGRAFIA

--- RIOS E RIACHOS ● - CIDADES
--- RODOVIAS - - - - LIMITE INTERESTADUAL

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



ESCALA: 1:500.000

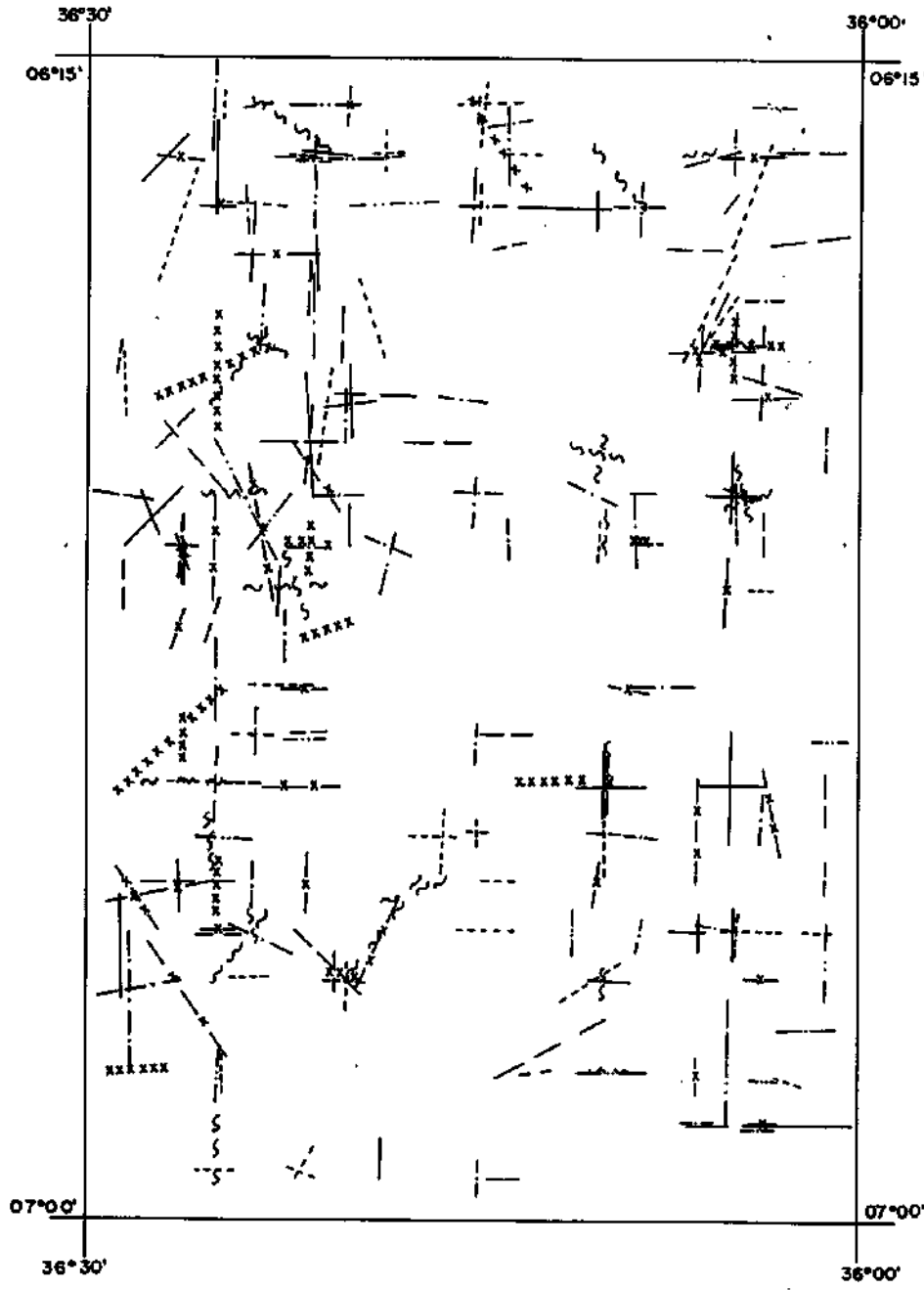


ANEXO A
AUTOR: JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO B

MAPA DOS EIXOS DE MÁXIMOS DE FREQUÊNCIA DE FRATURAS

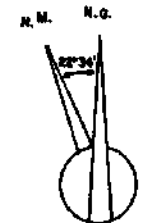
MAPA DOS EIXOS DE MÁXIMOS DE FREQUÊNCIA DE FRATURAS



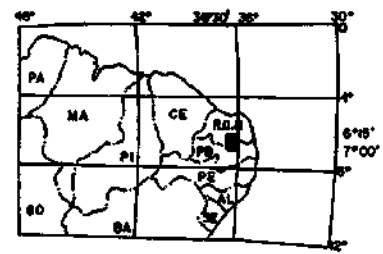
LEGENDA

- N \pm 5° —————
- EW \pm 5° - - - - -
- N20°E \pm 5° ~~~~~
- N35°E \pm 5° x x x x x x
- N65°E \pm 5° x-x-x-x-x
- N25°W \pm 5° x-x-x-x-x
- N40°W \pm 5° x-x-x-x-x
- N65°W \pm 5° - - - - -

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA: 1:100.000

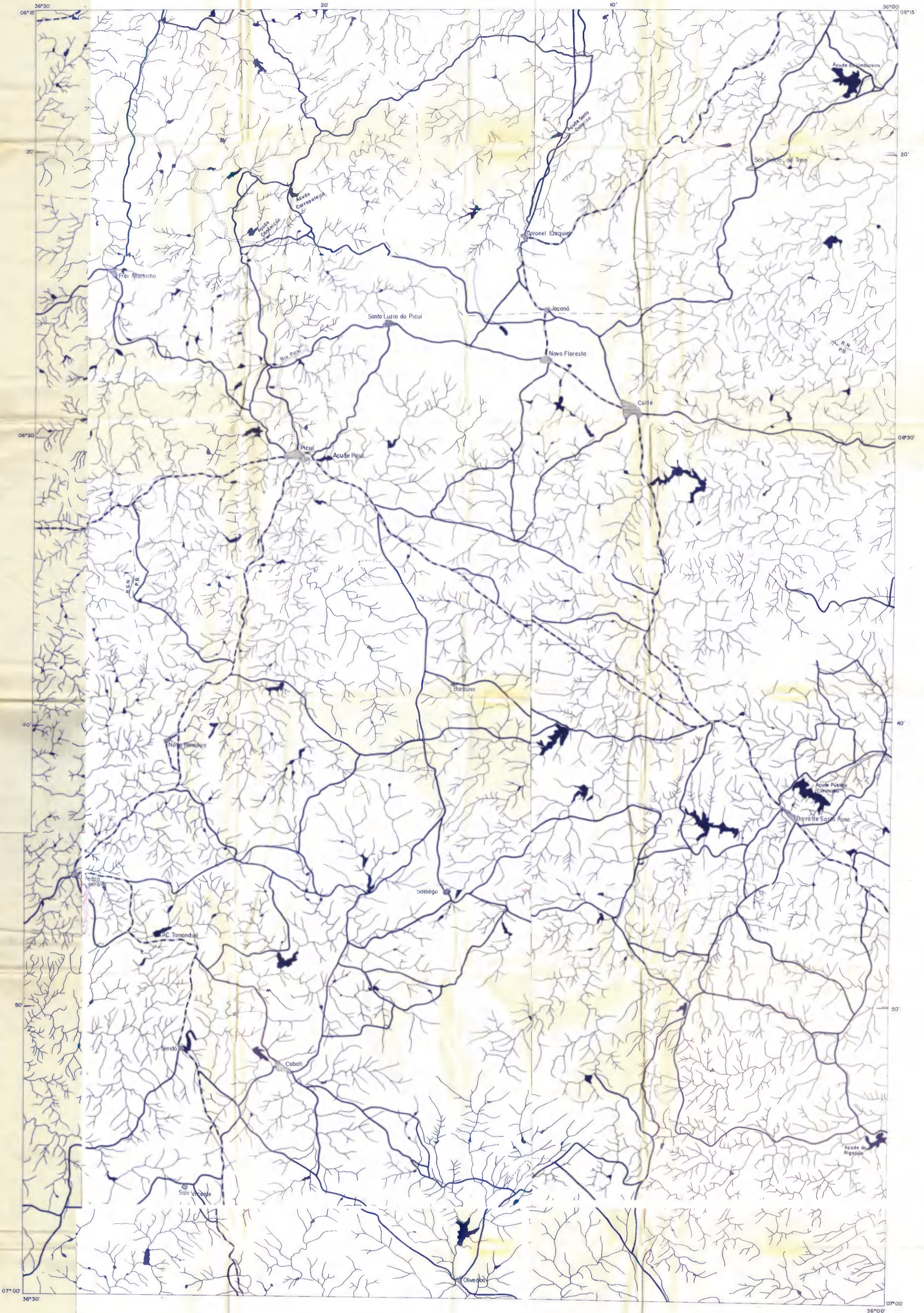


ANEXO B
 AUTOR: JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO C

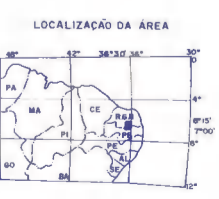
MAPA DA REDE DE DRENAGEM

MAPA DA REDE DE DRENAGEM



LEGENDA

- CIDADES
- DISTRITOS
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
- CAMIINHOS
- LIMITE ESTADUAL
- DRENAGEM
- ACUDE
- RIO



ESCALA 1:100.000

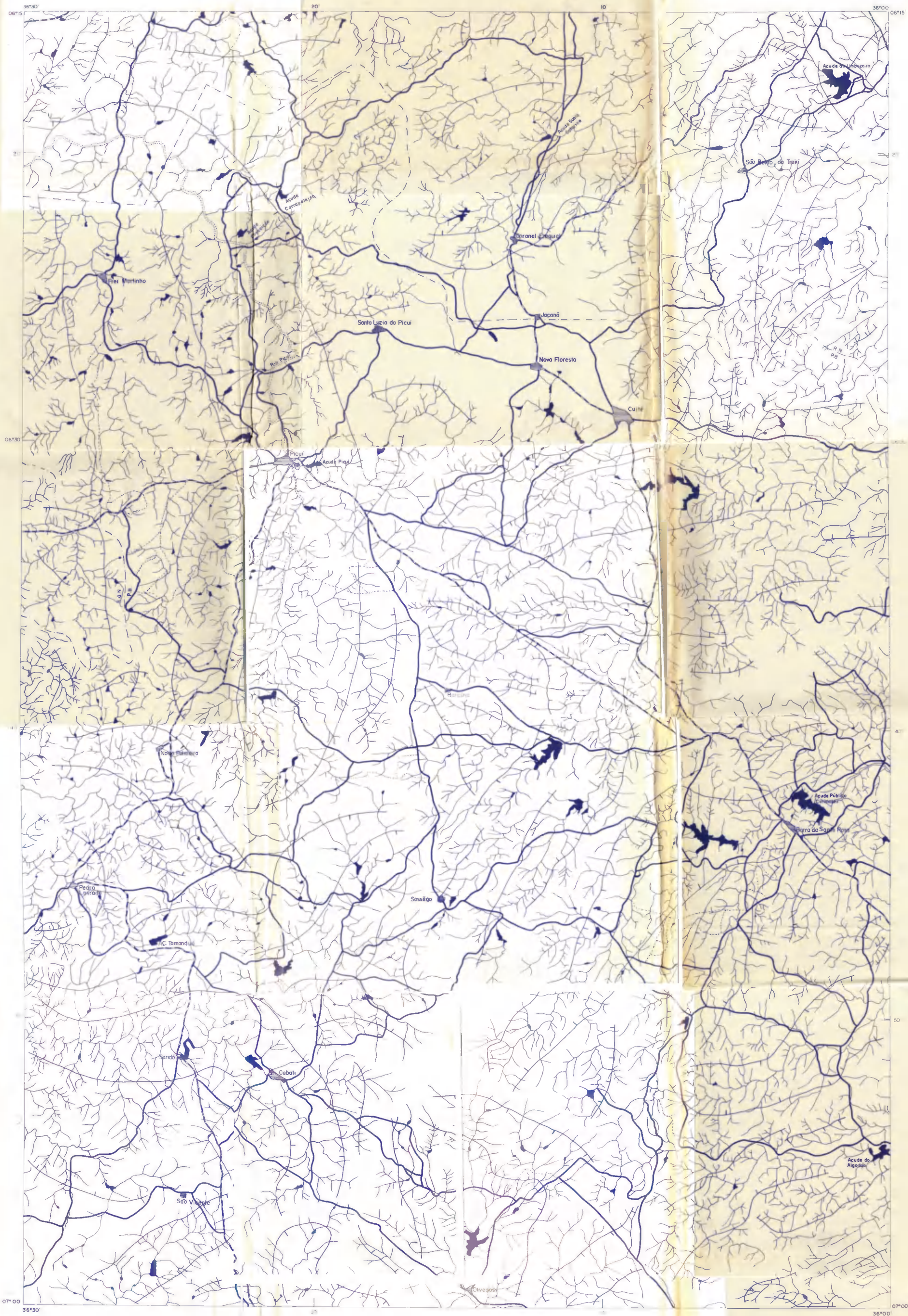


ANEXO C
AUTOR JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO D

**MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DE
CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS**

MAPA DA REDE DE DRENAGEM E DE CONDICIONANTES HIDROGEOLÓGICOS



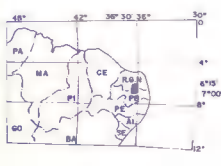
LEGENDA

- CIDADES
- DISTRITOS
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/ PAVIMENTAÇÃO
- CAMINHOS
- LIMITE ESTADUAL
- DRENAGEM
- AÇUDES
- RIO
- LINHA DE TENDÊNCIA DO FLUXO DE AGUA SUBTERRÂNEA

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000

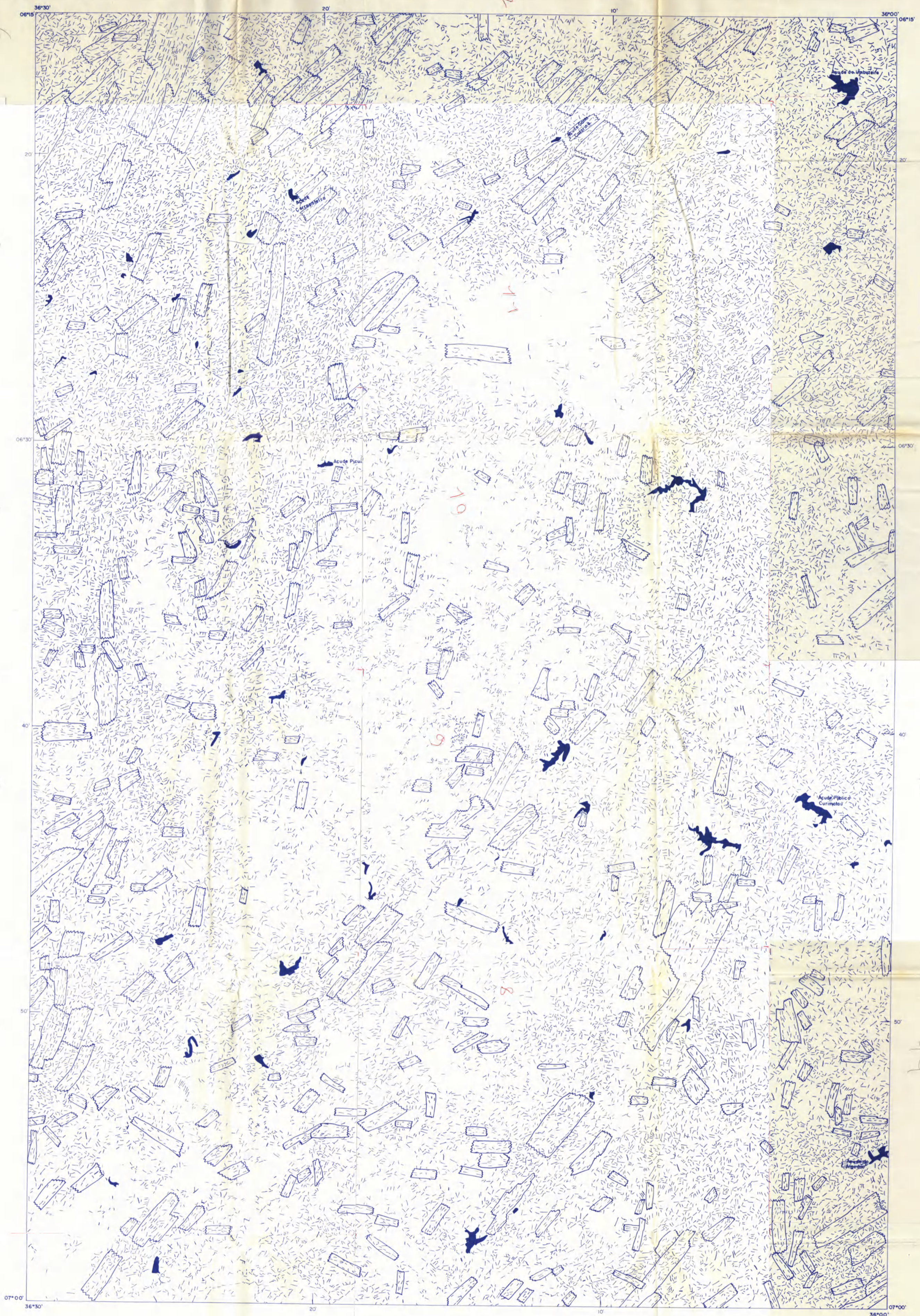


ANEXO D
AUTOR JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO E

MAPA DE FRATURAS E DE FEIXES DE FRATURAS

MAPA DE FRATURAS E DE FEIXES DE FRATURAS



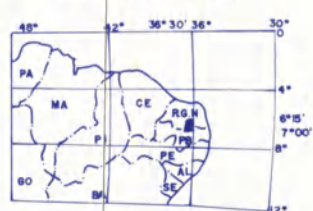
LEGENDA

- FRATURAS
- FEIXES DE FRATURAS
- ACUDES

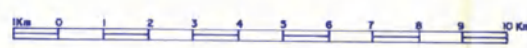
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000

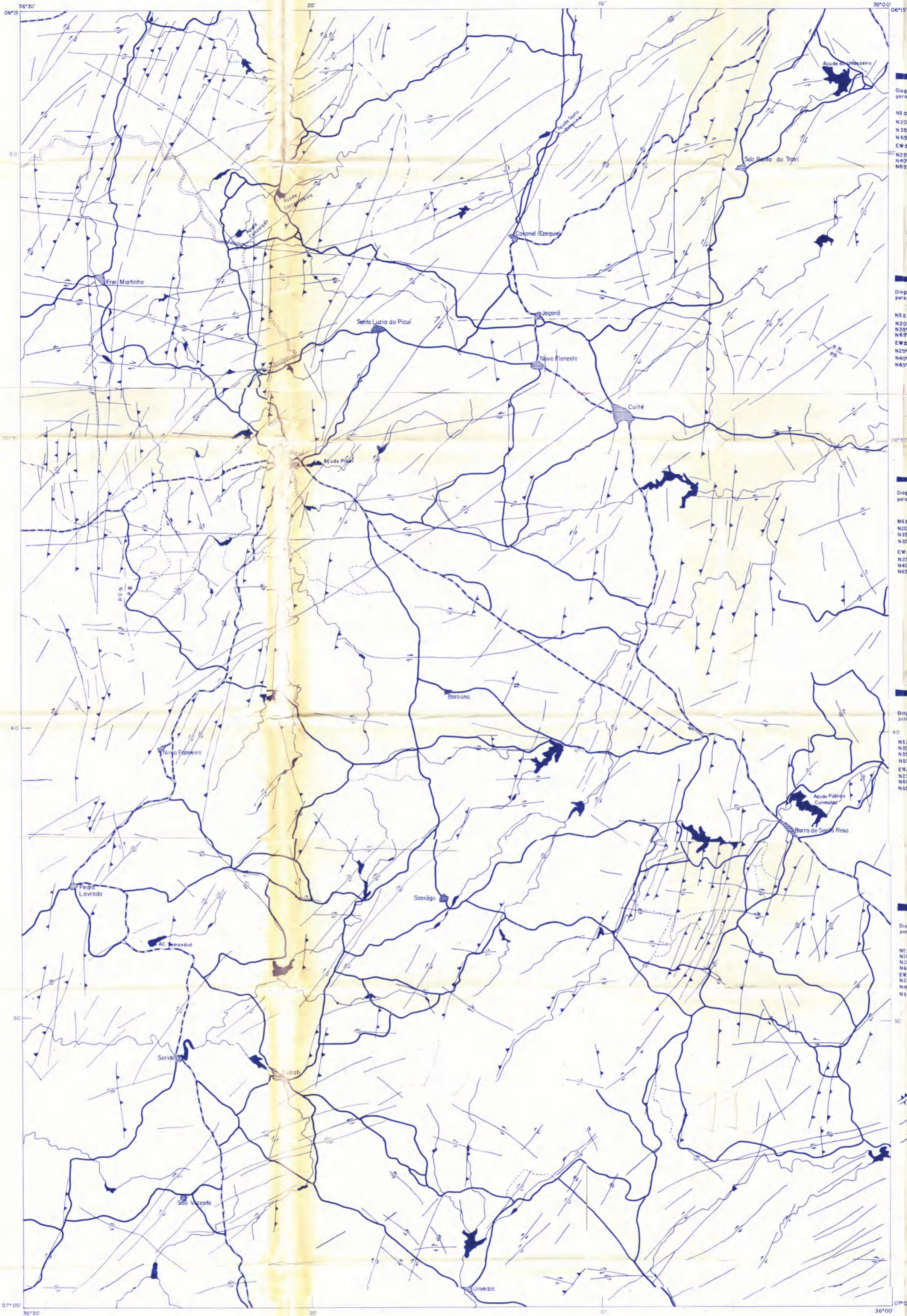


ANEXO E
AUTOR: JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO F

MAPA TECTÔNICO

MAPA TECTÔNICO



NS ± 5°	17,6%
N20°E ± 5°	12,9%
N35°E ± 5°	11,3%
N65°E ± 5°	12,6%
EW ± 5°	20,7%
N25°W ± 5°	8,1%
N40°W ± 5°	6,0%
N65°W ± 5°	10,8%



NS ± 5°	17,6%
N20°E ± 5°	12,2%
N35°E ± 5°	10,9%
N65°E ± 5°	12,8%
EW ± 5°	19,8%
N25°W ± 5°	8,6%
N40°W ± 5°	6,6%
N65°W ± 5°	11,5%



NS ± 5°	16,6%
N20°E ± 5°	12,4%
N35°E ± 5°	12,8%
N65°E ± 5°	12,2%
EW ± 5°	14,6%
N25°W ± 5°	11,3%
N40°W ± 5°	9,2%
N65°W ± 5°	10,7%



NS ± 5°	17,6%
N20°E ± 5°	13,5%
N35°E ± 5°	11,1%
N65°E ± 5°	13,1%
EW ± 5°	22,3%
N25°W ± 5°	7,0%
N40°W ± 5°	5,0%
N65°W ± 5°	10,3%



NS ± 5°	18,4%
N20°E ± 5°	13,1%
N35°E ± 5°	11,3%
N65°E ± 5°	11,5%
EW ± 5°	23,1%
N25°W ± 5°	7,2%
N40°W ± 5°	4,5%
N65°W ± 5°	10,9%

CONVENÇÕES

- Falhas inversas de alto ângulo
- Falhas de rejato direcional, conjugadas com falhas de gravidade
- Falhas e fraturas indiscriminadas

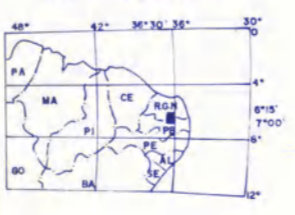
LEGENDA

- CIDADES
- DISTRITOS
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
- CAMINHOS
- LIMITE ESTADUAL
- DRENAGEM
- AÇUDES
- RIO

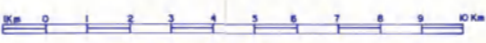
DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100 000

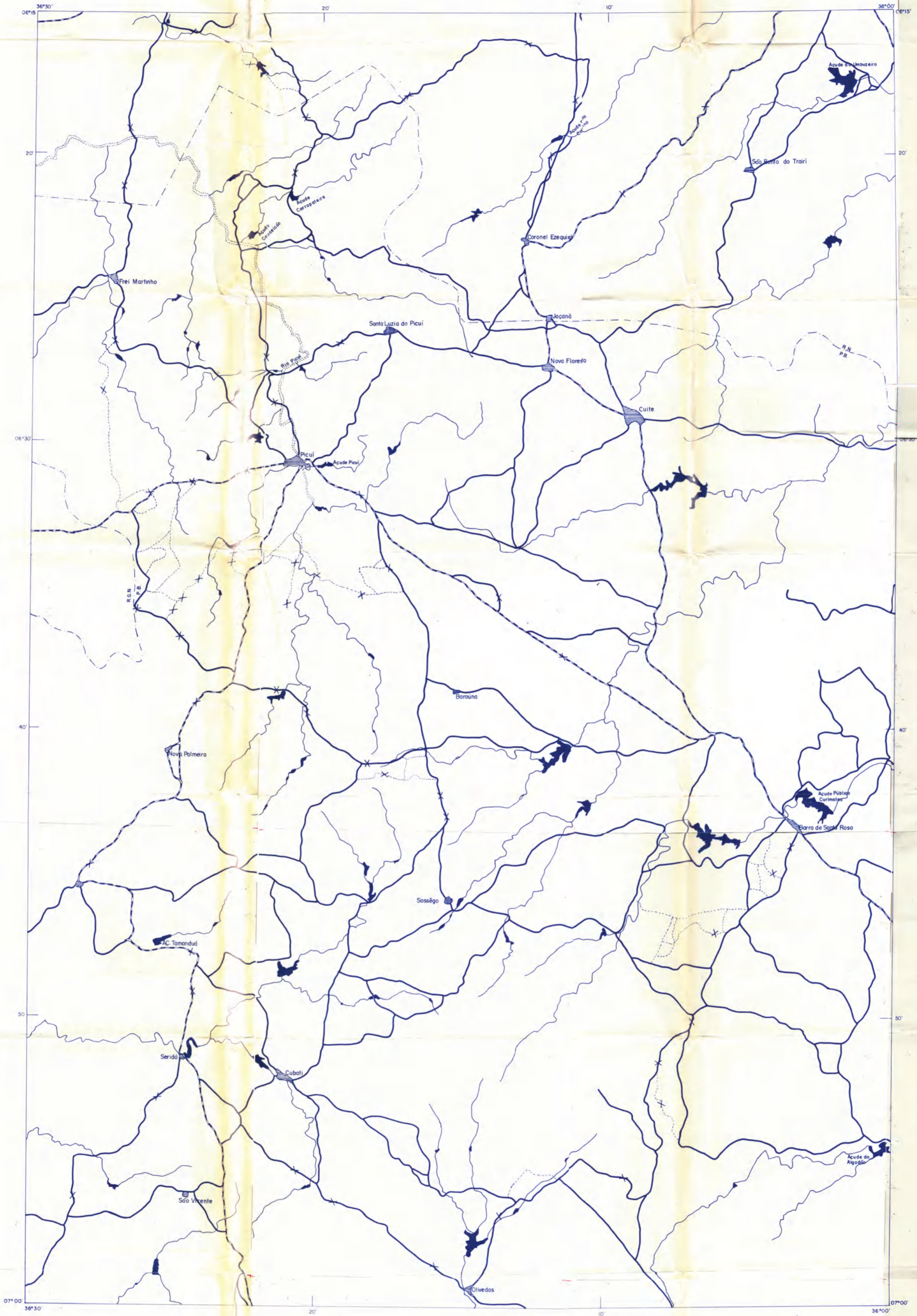


ANEXO F
AUTOR: JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO G

MAPA DE CAMINHAMENTO

MAPA DE CAMINHAMENTO



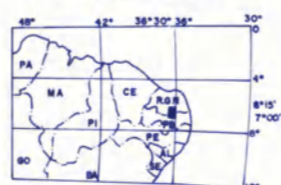
LEGENDA

- CIDADES
- DISTRITOS
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
- CAMINHOS
- LIMITE ESTADUAL
- DRENAGEM
- AÇUDES
- RIO
- PONTO DE OBSERVAÇÃO

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA



LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA 1:100.000



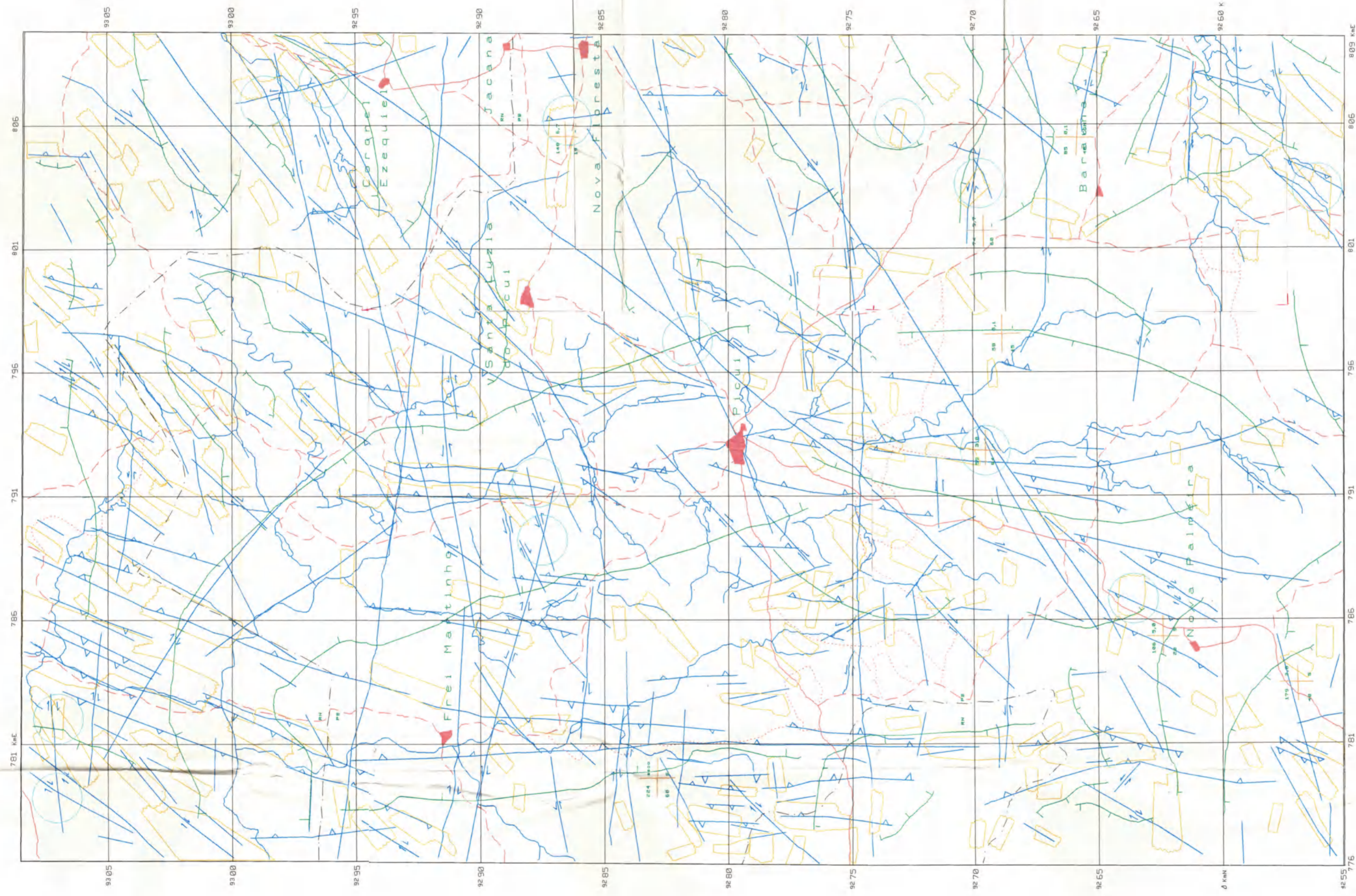
ANEXO G
AUTOR: JOÃO RAMALHO DANTAS FILHO

ANEXO H

MAPA INTEGRADO

MAPA INTEGRADO

AUTOR: José Raulino D. Filho
 Escala: 1:100000



LEGENDA

- CIDADES/DISTRITOS
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA S/PAVIMENTAÇÃO
- CAMINHOS
- LIMITE ESTRADUAL
- DRENAGEM
- AQUÍFEROS

CONVENÇÕES

- FEIXES DE FRATURAS
- LINHAS DE CONDIÇÃOANTES
HIDROGEOLOGICOS
- FALHAS INVERSAS DE ALTO ÂNGULO
- FALHA DE REJETO DIRECIONAL,
CONJUGADAS COM FALHAS DE GRAVIDADE
- FALHAS E FRATURAS INDISTINUIDAS
- ÁREAS FAVORÁVEIS A PESQUISA
DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

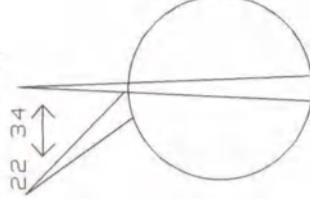
Popes Profundadas

- a - Cadastro
 - b - Vazio (m/h)
 - c - Profundidade (m)
 - d - Forquelo capada
- 1 - Serra dos Martins
 2 - Caminho Geolítico
 3 - Sinalizatiq



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

N.M. 22.34



ESCALA: 1:100000



ANEXO I

CADASTRO DE POÇOS

ANEXO I

CADASTRO DE POÇOS DA PARAÍBA
(POÇOS PERFORADOS PLOTADOS NA ÁREA DE ESTUDO)

Cidades	Numeração		Localidade	Proprietário	Coordenadas			Perfuração				Formações Captadas	Características do Aquífero	
	Cadastro	Ordem			Latitude (S)	Longitude (W)	Cota (m)	Prof. (m)	Ø (pol)	Entradas d'água (m)	Q (m³/h)		Litologia	tipo
Pedra Lavrada	088	09	Cacimba de Dentro I	José A. Bezerra	06°46'07"	36°18'07"	528	48,0	8	-	4,5	-	-	Fraturado
Pedra Lavrada	179	26	Caldeirão	Prefeitura	06°43'00"	36°26'41"	-	40,0	5	28,6	3,0	Seridó	Biotita/xisto	Fraturado
Cubatí	03	03	Fz. Belo Monte	Afonso Agra	06°47'49"	36°18'41"	516	90,0	6	-	5,0	Complexo Gnáissico-Migmatítico	-	Fraturado
Cubatí	12	12	Campos Novos	Afonso Agra	06°49'13"	36°15'15"	556	60,0	6	-	5,0	Complexo Gnáissico-Migmatítico	-	Fraturado
São Vicente do Seridó	49	01	Remédio de Cima	Manoel Gonçalves	06°53'57"	36°29'27"	540	26,0	6	-	4,9	Seridó	Micaxisto	Fraturado
São Vicente do Seridó	100	07	Santo Antonio	Prefeitura	06°51'29"	36°24'39"	512	43,0	5	19,0	6,1	Complexo Gnáissico-Migmatítico	-	Fraturado
São Vicente do Seridó	105	12	Fz. Olho d'água	Severino Ramos	06°52'27"	36°24'44"	556	30,0	6	-	4,5	Complexo Gnáissico-Migmatítico	-	Fraturado
São Vicente do Seridó	205	27	Remédio	Prefeitura	06°53'53"	36°28'52"	520	67,0	6	57,0	4,5	Complexo Gnáissico-Migmatítico	-	Fraturado
Nova Palmeira	106	02	Sede	Beato Coelho	06°40'35"	36°25'14"	428	20,0	8	15,0	5,0	Seridó	-	Fraturado
Picuí	59	06	Barra Nova I	Everaldo Z. de Macedo	06°36'30"	36°21'00"	440	64,0	8	17,3	3,0	-	-	Fraturado
Picuí	66	13	Malhada da Catingueira	Severino L. Dantas	06°32'20"	36°10'30"	484	60,0	8	10,0	5,0	-	-	Fraturado
Picuí	74	21	Lagoa Pedra II	Alberto Jorge	06°36'07"	36°16'45"	555	60,0	8	9,0	9,7	-	-	Fraturado
Picuí	148	42	Lagoa do Junco	João S. de Oliveira	06°27'16"	36°14'00"	-	19,0	252	-	6,7	-	-	-
Barra de Santa Rosa	17	01	Riacho do Sangue	Severino Almeida	06°50'23"	36°03'02"	447	45,0	6	27,0	6,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Barra de Santa Rosa	34	18	Poço Doce	Enock Silveira	06°43'57"	36°05'10"	410	40,0	6	-	10,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Barra de Santa Rosa	48	32	Santa Maria	Manoel Dias	06°57'58"	36°01'19"	450	36,0	8	-	5,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Cuité	67	01	Algodões	Antonio Marques	06°40'36"	36°09'26"	476	81,0	8	-	10,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Cuité	74	08	Fz. Pocinhos	José Gonzaga	06°39'16"	36°08'19"	452	30,0	6	-	4,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Cuité	78	12	Jacu	Humberto Silva	06°36'54"	36°08'54"	444	40,0	8	-	4,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Cuité	82	16	São Miguel	Antonio Quirino	06°41'57"	36°09'29"	488	30,0	8	-	7,0	Comp. Gn. Migmt.	-	Fraturado
Cuité	87	21	Lagoa do Meio	Josias Dantas	06°27'39"	36°10'03"	615	20,0	6	-	4,0	Serra dos Martins	Arenito	Livre
Cuité	99	33	Banco do Brasil	Banco do Brasil	06°29'05"	36°09'02"	630	42,0	6	-	4,0	Serra dos Martins	Arenito	Livre
Pocinhos	164	27	Craibeira	Genário B. da Silva	06°58'03"	36°06'49"	480	50,0	8	-	4,0	-	-	Fraturado

ANEXO J

BASE DIGITAL COM OS MAPAS GERADOS (DISQUETE)