

General Disclaimer

One or more of the Following Statements may affect this Document

- This document has been reproduced from the best copy furnished by the organizational source. It is being released in the interest of making available as much information as possible.
- This document may contain data, which exceeds the sheet parameters. It was furnished in this condition by the organizational source and is the best copy available.
- This document may contain tone-on-tone or color graphs, charts and/or pictures, which have been reproduced in black and white.
- This document is paginated as submitted by the original source.
- Portions of this document are not fully legible due to the historical nature of some of the material. However, it is the best reproduction available from the original submission.



SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

E85-10008



(E85-10008 NASA-CR-168560) SYSTEMATIC DATA
INTERPRETATION OF REMOTE SENSING IN THE
RECEPTION OF HYDROCARBONS, VOLUME 1. M.S.
Thesis (Instituto de Pesquisas Espaciais,
Sao Jose) 177 p HC A09/MF A01

N85-11421

Unclass
00008

RECEIVED BY
NASA STI FACILITY.

DATE:

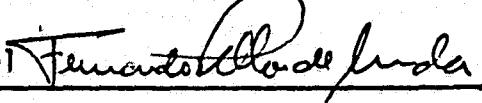
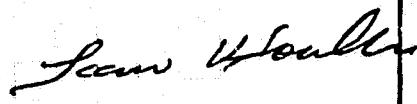
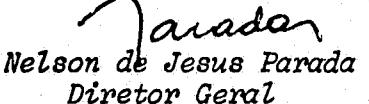
DCAF NO.

10-25-84
00129142
PROCESSED BY
 NASA STI FACILITY
 ESA-SOS AIAA

LRTS

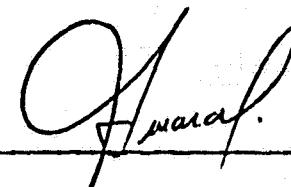


INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

1. Publicação nº INPE-3087-TDL/162- v.I	2. Versão	3. Data Abril, 1984	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem DRH-DSR	Programa FRH/SER		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) MOSAICO RADAR ANOMALIA MORFOESTRUTURAL INTERPRETAÇÃO DA DRENAGEM LINEAMENTOS INTERPRETAÇÃO MORFOESTRUTURAL PROSPECÇÃO DE HIDROCARBONETOS			
7. C.D.U.: 528.711.7:553.9			
8. Título SISTEMÁTICA DE INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA RECEPÇÃO DE HIDROCARBONETOS VOLUME I	INPE-3087-TDL/162	10. Páginas: 173	
9. Autoria Fernando Pellon de Miranda		11. Última página: 166	
Assinatura responsável 		12. Revisada por  Icaro Vitorello	
14. Resumo/Notas	<p>O presente trabalho tem por objetivo sistematizar a aplicação de dados obtidos por imagens de sensores remotos, na caracterização de feições denominadas anomalias morfoestruturais, consideradas como indicadores estruturais de possíveis trapas de hidrocarbonetos. A região em apreço situa-se no limite das bacias do Médio e Baixo Amazonas. A interpretação da rede de drenagem propiciou a identificação e a classificação das anomalias morfoestruturais, sendo realizada com base nos critérios previamente estabelecidos. Reconheceu-se, assim, cerca de trinta anomalias morfoestruturais, perfazendo um total de vinte domos, dois domos falhados, seis depressões estruturais, uma depressão estrutural falhada e uma estrutura em bloco basculado. Ademais, verificou-se que a disposição alinhada de algumas anomalias delineava importantes "trends" morfoestruturais na região de estudo, com orientação ENE e NNW. Por intermédio de uma análise estatística, foi possível caracterizar seis direções preferenciais de lineamentos na área em apreço (N20-30E, N40-50E, N60-70E, N15-25W, N60-70W e N05W-N05E), configurando faixas estruturais. Constatou-se que duas destas direções apresentaram boa correlação com os "trends" morfoestruturais definidos pelas anomalias. Tal fato é de extrema importância, considerando que estas feições alinhadas são aparentemente coincidentes com grandes estruturas do Pré-Cambriano, o que sugere uma reativação fanerozoíca das zonas de fraqueza do embasamento.</p>		
15. Observações Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, aprovada em 15 de julho de 1983. (Em 2 volumes).	 Nelson de Jesus Parada Diretor Geral		

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento a requisito exigido
para a obtenção do Título de Mestre
em Sensoriamento Remoto

Dr. Gilberto Amaral



Presidente

Dr. Icaro Vitorello



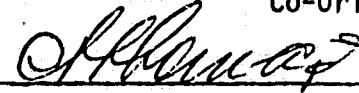
Orientador

Geo. Paulo Roberto Meneses



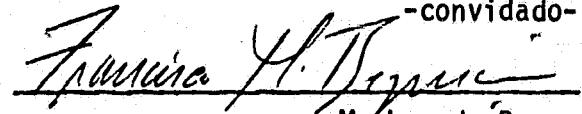
Co-Orientador

Dr. Antonio Thomaz Filho



Membro da Banca
-convidado-

Geo. Francisco Mota Bezerra da Cunha



Membro da Banca
-convidado-

Candidato: Fernando Pellon de Miranda

São José dos Campos, 15 de julho de 1983

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) e à Petrobrás S/A pela oportunidade de executar este trabalho.

Aos Pesquisadores do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), Icaro Vitorello e Paulo Roberto Meneses, pela extrema dedicação com que realizaram a orientação acadêmica.

Aos colegas da Petrobrás, que colaboraram para a consecução dos objetivos do presente estudo: geólogo Roberto Porto, Antônio Thomaz Filho, Francisco Mota Bezerra da Cunha, José Ribeiro Aires e Valéria Fiori Tiriba, pelas discussões e sugestões proporcionadas; geofísico Paulo Jackson Morgado de Castro pela interpretação dos mapas aero-magnetométricos; geofísico Alcides P. A. Barbosa pela interpretação dos dados sísmicos; auxiliar técnico de geologia Maury Ferreira Pinto pela ajuda na montagem do relatório; desenhistas do CENPES-SUPEP-SEPRAM pela confecção dos mapas e figuras.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

ABSTRACT

The main purpose of this study was to systematize the utilization of MSS-LANDSAT and RADAR imagery in the definition of morphostructural anomalies, which can be indicative of hydrocarbon entrapment sites in the limit of the Middle and Lower Amazonas basins. The identification and classification of the morphostructural anomalies were accomplished by means of the drainage network interpretation, based on the criteria previously proposed. Thirty anomalies were recognized in the area of study, being subdivided into twenty domes, two fault-controlled domes, six structural depressions, one fault-controlled structural depression and one structure developed on a tilted fault block. Many anomalies are not randomly located. Rather, they seem to be aligned according to directions ENE and NNW, suggesting the presence of morphostructural trends in this part of the Amazonas Basin. Significant orientations of lineaments were determined through statistical analysis, which defined many regional trends: N20-30E, N40-50E, N60-70E, N15-25W, N60-70W and N05W-N05E. The directions N15-25W and N60-70E coincide with morphostructural trends' orientations and with the directions of important structures in the Precambrian basement. These observations seem to demonstrate that the ancient faults were rejuvenated during Phanerozoic times and that some of the younger fault systems are geometrically and perhaps genetically related to them.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - ÁREA DE ESTUDO	5
2.1 - Localização	5
2.2 - Geomorfologia	5
2.2.1 - Depressão periférica do norte do Pará	8
2.2.2 - Planalto da bacia sedimentar do Amazonas	8
2.2.3 - Planalto rebaixado da Amazônia	8
2.2.4 - Planície Amazônica	9
2.2.5 - Planalto Tapajós-Xingu	9
2.2.6 - Depressão periférica do sul do Pará	9
2.2.7 - Planalto residual do Tapajós	10
2.3 - Geologia regional e estratigrafia	10
2.3.1 - Síntese estratigráfica	13
2.3.2 - Síntese tectônica	15
2.3.3 - Síntese estrutural	27
2.4 - Retrospecto exploratório	29
2.4.1 - Dados geológicos de superfície	29
2.4.2 - Dados geofísicos	37
2.4.3 - Dados geoquímicos	39
2.4.4 - Perfurações	42
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS DE ANÁLISE	43
3.1 - Análise da rede de drenagem	48
3.1.1 - Extração da rede de drenagem	48
3.1.2 - Identificação de formas anômalas da rede de drenagem	50
3.2 - Interpretação das formas anômalas da rede de drenagem	51
3.2.1 - Critérios de interpretação	51
3.2.2 - Classificação das anomalias morfoestruturais	66
3.3 - Análise dos lineamentos	82
3.3.1 - Extração dos lineamentos	82

Pág.

3.3.2 - Análise estatística: definição de tendências estruturais com base em dados quantitativos	85
3.4 - Interpretação dos lineamentos	120
3.4.1 - Significado geológico dos lineamentos nas bacias paleozoicas brasileiras	120
3.4.2 - Definição de faixas estruturais na área de estudo	121
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS	141
4.1 - Significação tectônica das faixas estruturais	141
4.1.1 - Faixa estrutural I (N20-30E)	141
4.1.2 - Faixa estrutural II (N40-50E)	142
4.1.3 - Faixa estrutural III (N60-70E)	143
4.1.4 - Faixa estrutural IV (N60-70W)	145
4.1.5 - Faixa estrutural V (N15-25W)	145
4.1.6 - Faixa estrutural VI (N05W-N05E)	146
4.2 - Significação estrutural e tectônica das anomalias morfoestruturais	148
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	153
CAPÍTULO 6 - RECOMENDAÇÕES	159
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
APÊNDICE - MAPAS (VOLUME II)	

LISTA DE FIGURAS

Pág.

2.1 - Mapa de situação	6
2.2 - Unidades morfoestruturais, elaborada a partir das informações de Nascimento et alii (1976) e Ventura et alii (1975)	7
2.3 - Mapa geológico-geotectônico esquemático do embasamento da bacia do Amazonas	11
2.4 - Coluna estratigráfica adotada	14
2.5 - Províncias geológicas da Amazônia	17
2.6 - Comparação entre as idades do magmatismo básico da Amazônia e as fases de desenvolvimento da faixa de dobramentos andinos	20
2.7 - Principais estruturas lineagênicas do embasamento do craton amazônico e feições associadas	23
2.8 - Distribuição geográfica dos focos magmáticos pré-cambrianos básicos e alcalinos da amazônia	24
2.9 - Distribuição geográfica dos focos magmáticos básicos fanerozóicos	26
2.10 - Geologia do Baixo Amazonas	28
2.11 - Mapa de compilação de dados exploratórios (PETROBRÁS/DE NOR/DINTER)	38
2.12 - Mapas diagenéticos dos membros Pitinga e Barreirinha - bacia do Amazonas	41
3.1 - Modelos de domos e depressões estruturais	53
3.2 - Classificação das formas anômalas, modificado de Soares et alii (1981)	54
3.3 - Modelo de domo falhado, com a presença de forma radial de drenagem	56
3.4 - Análise de intensidade de estruturação para formas de drenagem desenvolvidas em sedimentos da formação Alter do Chão	57
3.5 - Análise de intensidade de estruturação para formas de drenagem desenvolvidas em rochas paleozóicas na bacia do Amazonas	58
3.6 - Modelo de anomalia morfoestrutural em bloco basculado, forma radial de drenagem ausente	61
3.7 - Fator de similaridade (F_2) para anomalias morfoestruturais em bloco basculado	63
3.8 - Exemplo do cálculo F_1 e F_2 para uma anomalia morfoestrutural desenvolvida na formação Alter do Chão	65

3.9 - Análise estatística dos lineamentos - fluxograma de operações	86
3.10 - Distribuição por azimute da soma de comprimentos dos lineamentos, em intervalos de 10°.....	91
3.11 - Diagramas de roseta - folha SA.21-X-D	92
3.12 - Diagramas de roseta - folha SA.21-Z-B	93
3.13 - Diagramas de roseta - folha SA.21-Z-D	94
3.14 - Diagramas de roseta - folha SB.21-X-B	95
3.15 - "Smoothing" da distribuição por azimute da soma dos comprimentos dos lineamentos, com $m = 3$ - A equação de Smoothing é $(a + b + c)/3$	122
3.16 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (20 a 30 graus)	124
3.17 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (40 a 50 graus)	125
3.18 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (60 a 70 graus)	126
3.19 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (110 a 120 graus)	127
3.20 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (160 a 170 graus)	128
3.21 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (170 a 180 graus)	129
3.22 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N20-30E	131
3.23 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N40-50E	132
3.24 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N60-70E	133
3.25 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N60-70W	134
3.26 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N15-25W	135
3.27 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N05W-N05E	136
3.28 - Distribuição das faixas estruturais I e III	137
3.29 - Distribuição das faixas estruturais IV e V	138
3.30 - Distribuição das faixas estruturais II e VI	139
4.1 - Projetos sulfetos de Alenquer - Monte Alegre	147
4.2 - Arcabouço morfestrutural da área de estudo	150

LISTA DE TABELAS

Pág.

3.1	- Cálculo do fator de similaridade (F_2) - folha Aveiro (SA.21-Z-D)	67
3.2	- Cálculo do fator de similaridade (F_2) - folha Santarém (SA.21-Z-B)	68
3.3	- Cálculo do fator de similaridade (F_2) - folha Alenquer (SA.21-X-D)	69
3.4	- Cálculo do fator de confiabilidade (F_1) - folha Aveiro (SA.21-Z-D)	70
3.5	- Cálculo do fator de confiabilidade (F_1) - folha Santarém (SA.21-Z-B)	71
3.6	- Cálculo do fator de confiabilidade (F_1) - folha Alenquer (SA.21-X-D)	72
3.7	- Avaliação das anomalias morfoestruturais detectadas na fo- lha Aveiro (SA.21-Z-D)	73
3.8	- Avaliação das anomalias morfoestruturais detectadas na fo- lha Santarém (SA.21-Z-B)	76
3.9	- Avaliação das anomalias morfoestruturais detectadas na fo- lha Alenquer (SA.21-X-D)	78
3.10	- Hierarquização das anomalias morfoestruturais com interesse exploratório	81
3.11	- Dados referentes aos lineamentos de toda área em estudo ..	89
3.12	- Dados referentes aos lineamentos da cela 1 1	96
3.13	- Dados referentes aos lineamentos da cela 1 2	97
3.14	- Dados referentes aos lineamentos da cela 1 3	98
3.15	- Dados referentes aos lineamentos da cela 2 1	99
3.16	- Dados referentes aos lineamentos da cela 2 2	100
3.17	- Dados referentes aos lineamentos da cela 2 3	101
3.18	- Dados referentes aos lineamentos da cela 3 1	102
3.19	- Dados referentes aos lineamentos da cela 3 2	103
3.20	- Dados referentes aos lineamentos da cela 3 3	104
3.21	- Dados referentes aos lineamentos da cela 4 1	105
3.22	- Dados referentes aos lineamentos da cela 4 2	106
3.23	- Dados referentes aos lineamentos da cela 4 3	107
3.24	- Dados referentes aos lineamentos da cela 5 1	108
3.25	- Dados referentes aos lineamentos da cela 5 2	109

Pág.

3.26 - Dados referentes aos lineamentos da cela 5 3	110
3.27 - Dados referentes aos lineamentos da cela 6 1	110
3.28 - Dados referentes aos lineamentos da cela 6 2	112
3.29 - Dados referentes aos lineamentos da cela 6 3	113
3.30 - Dados referentes aos lineamentos da cela 7 1	114
3.31 - Dados referentes aos lineamentos da cela 7 2	115
3.32 - Dados referentes aos lineamentos da cela 7 3	116
3.33 - Dados referentes aos lineamentos da cela 8 1	117
3.34 - Dados referentes aos lineamentos da cela 8 2	118
3.35 - Dados referentes aos lineamentos da cela 8 3	119

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

As técnicas de sensoriamento remoto são hoje correntemente empregadas na prospecção de hidrocarbonetos, pois podem contribuir para uma considerável economia de tempo, minimizando, consequentemente, os custos envolvidos no esforço exploratório. De fato, a fotointerpretação desenvolvida a partir de fotografias ou imagens, obtidas ao nível orbital ou de aeronave, possibilita a execução de estudos comparativos entre diferentes bacias, auxiliando também a integração de dados exploratórios num âmbito regional. Além disso, os produtos de sensoriamento remoto são indispensáveis no reconhecimento de feições geológicas em regiões de difícil acesso e na seleção de áreas potencialmente favoráveis, fornecendo subsídios para a caracterização dos tipos de estruturas existentes e para o estabelecimento da distribuição espacial das diferentes unidades aflorantes.

A este respeito, vale lembrar que são inúmeros os problemas práticos envolvidos nos trabalhos convencionais de fotointerpretação executados na bacia do Amazonas. Com efeito, a ocorrência de uma vegetação exuberante, o desenvolvimento de solos muito espessos e a freqüente presença de nuvens tornam impraticável a utilização exclusiva de fotografias aéreas com esta finalidade. Não se pode prescindir, portanto, de outros produtos de sensoriamento remoto em mapeamentos geológicos ou no planejamento de programas exploratórios sísmicos nestas áreas. Segundo este prisma, a eficácia dos dados orbitais do sistema LANDSAT é indiscutível, visto que, além de fornecerem uma visão regional dos aspectos geológicos investigados, permitem a seleção de datas de passagem sem cobertura de nuvens. Como opção, podem igualmente ser utilizadas as imagens de RADAR, que são obtidas numa faixa de freqüências onde a resposta do terreno ao sinal emitido não é afetada pela nebulosidade atmosférica. Assim, a principal intenção deste trabalho é buscar uma metodologia de fotointerpretação adequada às condições ambientais da região amazônica,

aproveitando ao máximo as potencialidades dos modernos sensores remotos, no que diz respeito à detecção de trapas estruturais favoráveis à acumulação de hidrocarbonetos nas rochas sedimentares que aí ocorrem.

Um dos critérios empregados na definição da área de estudo baseou-se justamente na porcentagem da cobertura de nuvens, a qual deveria ser nula num caso ideal, de modo a permitir um completo imageamento da superfície pelos sensores do LANDSAT. Tal foi conseguido nas cercanias de Santarém, Estado do Pará, numa região situada entre o escudo das Guianas e o escudo Brasileiro, nos limites das bacias do Médio e Baixo Amazonas. Além disso, outros fatores concorreram para a seleção desta área, quais sejam:

- a) a existência de dados geológicos de superfície na faixa de afloramentos paleozóicos, em ambos os flancos da bacia;
- b) a disponibilidade de dados geofísicos (sísmica e aeromagnetometria) recobrindo parcialmente a área;
- c) a presença de fortes indícios de gás em alguns dos poços perfurados na região;
- d) a relativa proximidade entre o eixo da bacia e os escudos adjacentes, o que possibilita a verificação da influência das estruturas pré-cambrianas nos domínios扇erozóicos.

O presente trabalho tem por objetivo sistematizar a aplicação de dados obtidos por imagens de sensores remotos na caracterização de anomalias morfoestruturais como possíveis indicadores de trapas de hidrocarbonetos, em terrenos sedimentares no limite das bacias do Médio e Baixo Amazonas.

A interpretação fotogeológico desenvolveu-se a partir dos critérios preconizados por Soares e Fiori (1976) e Soares et alii(1981), com o objetivo de identificar anomalias morfoestruturais em terrenos se

dimentares, com base na configuração da drenagem. Definiram-se estas feições pelo arranjo simultâneo de formas anelares, assimétricas e radiais de drenagem, podendo ser representativas do condicionamento da rede hidrográfica por estruturas em subsuperfície. Procedeu-se também a uma classificação das anomalias morfoestruturais, de acordo com critérios não-subjetivos, fundamentada na similaridade a modelos estruturais estabelecidos e na intensidade de estruturação dos elementos texturais. Reconheceu-se, então, cerca de trinta anomalias morfoestruturais, perfazendo um total de vinte domos, dois domos falhados, seis depressões estruturais, uma depressão estrutural falhada e uma estrutura em bloco basculado. Ademais, verificou-se que a disposição alinhada de algumas anomalias delineava importantes "trends" morfoestruturais na região de estudo, com orientação ENE e NNW, aparentemente coincidentes com grandes feições tectônicas do embasamento. Tal fato sugere a ocorrência de reativação no Fanerozóico de estruturas herdadas do Pré-Cambriano, um fenômeno de extrema relevância no tocante à prospecção de hidrocarbonetos.

Consideraram-se também os lineamentos observados nas imagens, posto que, de acordo com a conceituação de O'Leary et alii (1976), eles podem refletir descontinuidades estruturais em subsuperfície. Os lineamentos tornam-se importantes para a integração das anomalias morfoestruturais no contexto tectônico da bacia, à medida que se constata uma correspondência entre os "trends" regionais por eles definidos e os "trends" morfoestruturais representados pela disposição alinhada das anomalias. Por intermédio de uma análise estatística, que visou minimizar o caráter subjetivo da investigação, foi possível caracterizar seis direções preferenciais de lineamentos na região em apreço (N20-30E, N40-50E, N60-70E, N15-25W, N60-70W e N05W-N05E). Verificou-se que duas destas direções (N60-70E e N15-25W) apresentaram boa correlação com os "trends" morfoestruturais definidos pelas anomalias. Isto parece reforçar a hipótese da reativação fanerozóica de antigas estruturas do embasamento.

A interpretação dos dados aeromagnetométricos referentes a esta parte de bacia também mostrou eixos de altos e baixos do embasamento com direção geral ENE. Além disso, foi igualmente detectada uma

zona estruturada com orientação NNW, indicativa de áreas positivas nas cercanias de Santarém, em concordância com a interpretação morfológica.

O resultado exploratório de maior relevância do presente trabalho pode, portanto, ser expresso numa proposta de arcabouço tectônico para a área de estudo. Assim, as evidências fotogeológicas e os dados aeromagnetométricos sugerem a existência de zonas de fraqueza no em basamento, com orientação N60-70E, que condicionam estruturas do tipo "horst-graben" na bacia. Tais feições são interceptadas por uma faixa de altos estruturais com direção N15-25W, aparentemente coincidente com o limite entre duas províncias geotectônicas pré-cambrianas, resultantes da reativação fanerozóica desta descontinuidade estrutural do em basamento. As anomalias morfoestruturais dispostas ao longo destes "trends" constituem-se em locais privilegiados para o desenvolvimento de levantamentos sísmicos de detalhe, caso sejam retomadas as pesquisas exploratórias na região.

Investigou-se a existência de um possível relacionamento entre as anomalias morfoestruturais e o arcabouço tectônico da área, através da observação da distribuição espacial das anomalias, cuja posição orientada poderia configurar importantes "trends" morfoestruturais. Paralelamente, procurou-se reconhecer a existência de algum tipo de correlação entre as direções estruturais regionais definidas pelos lineamentos, e os "trends" morfoestruturais delineados por anomalias de drenagem alinhadas.

Além disso, realizou-se uma avaliação preliminar da metodologia aqui empregada, tendo em vista as características ambientais extremamente desfavoráveis da região amazônica (floresta tropical densa, solos espessos e cobertura de nuvens quase permanente). Efetuou-se tal operação comparando os resultados da fotointerpretação com os dados exploratórios disponíveis na área.

CAPÍTULO 2

ÁREA DE ESTUDO

2.1 - LOCALIZAÇÃO

A região investigada localiza-se na porção oeste do Estado do Pará, tendo por limites as coordenadas $01^{\circ}-05^{\circ}\text{S}$ e $54^{\circ}-55^{\circ}30'\text{W}$ e estando enquadrada nas seguintes folhas cartográficas, na escala 1:250.000: Alenquer (SA.21-X-D), Santarém (SA.21-Z-B), Aveiro (SA.21-Z-D) e Rio Cúpari (SB.21-X-B), conforme a Figura 2.1.

Dentro de um contexto geológico, ela é parte dos limites das bacias do Médio e Baixo Amazonas, cujo elemento tectônico/estrutural mais significativo é o Alto Estrutural de Monte Alegre.

2.2 - GEOMORFOLOGIA

Os variados tipos de relevo presentes na região estudada foram grupados por Nascimento et alii (1976) e Ventura et alii (1975) em unidades morfoestruturais, com base no posicionamento altimétrico das massas de relevo e na similaridade das formas que as constituem (Figura 2.2). Neste contexto, o termo "unidade morfoestrutural" possui um caráter descritivo e refere-se às formas de relevo da paisagem, sem aconotação estritamente geológico-estrutural que lhe é conferida no presente trabalho.

Os citados autores reconheceram ainda a existência, na área, de certas superfícies de aplanação, identificadas como reflexos de processos de pediplanação, a despeito do clima úmido atual favorecer a morfogênese química, o entalhamento da rede de drenagem e a dissecação do relevo. Assim, concluíram eles que eventos morfogenéticos mecânicos, relacionados a condições paleoclimáticas caracterizadas por climas secos, esculpiram tais formas de relevo, às quais foram atribuídas as idades plio-pleistocênica e neo-pleistocênica.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

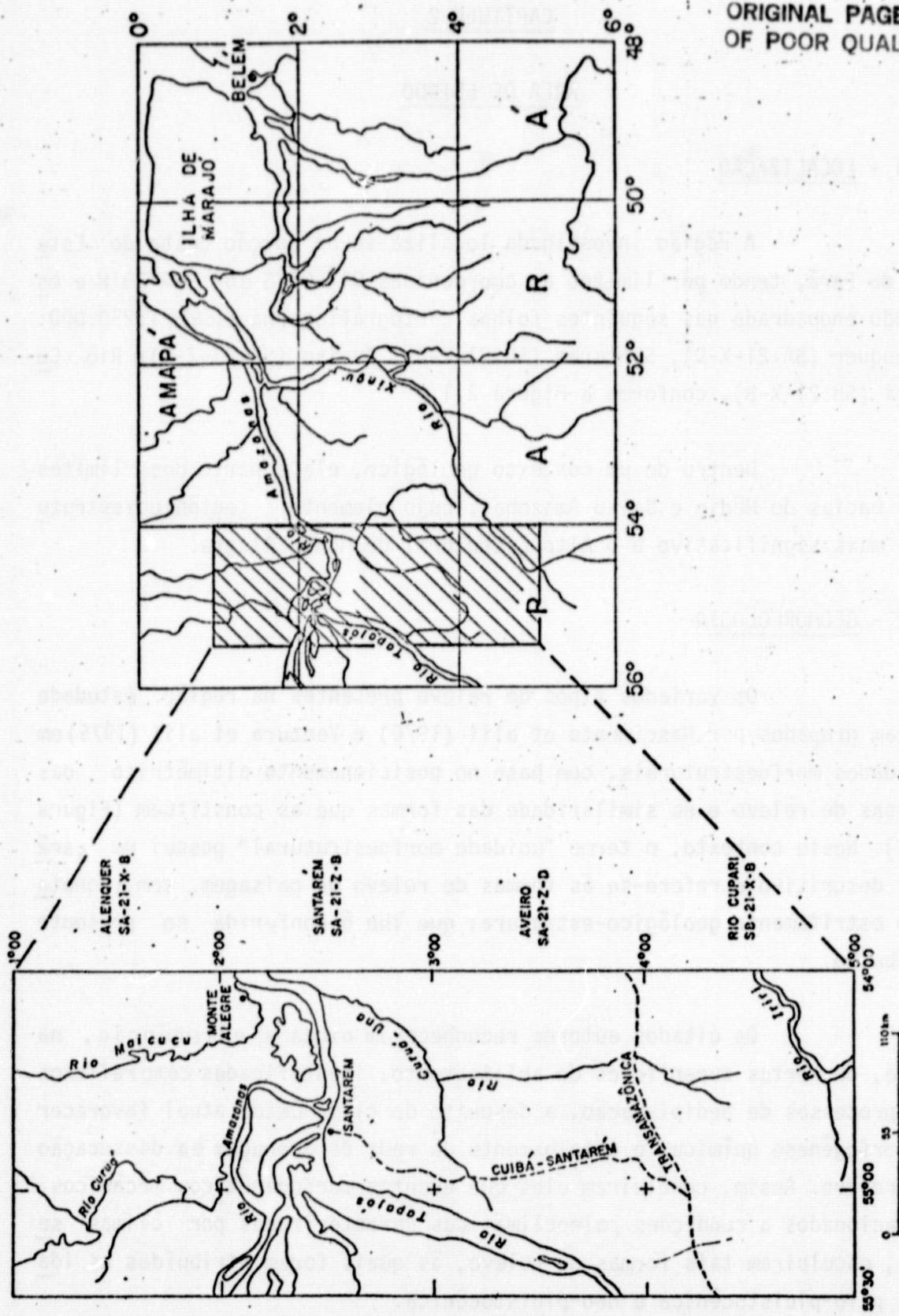
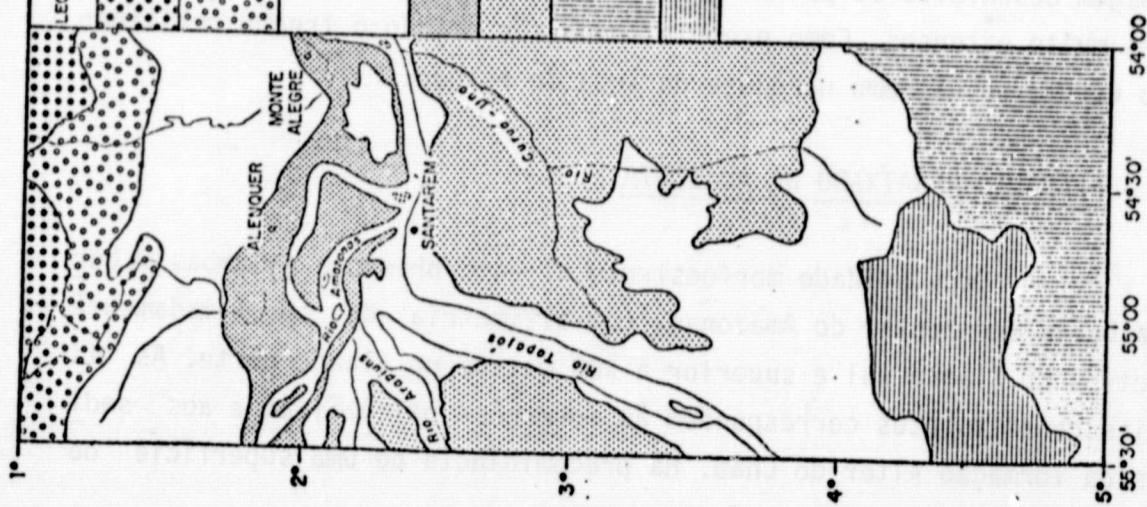


Fig. 2.1 - Mapa de situação.

LEGENDA	UNIDADE MORFO-ESTRUTURAL	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	LITOLOGIAS CONSTITUINTES	ALTITUDE MÉDIA	FORMAS DE RELEVO PREDOMINANTES	SUPERFÍCIE DE APLAINAMENTO
[Ponto e traço]	DEPRESSÃO PERIFÉRICA DO NORTE DO PARÁ	ESCOUDO DAS GUIANAS	ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS	INFERIOR A 200m	SUPERFÍCIE DE APLAINAMENTO CONSERVADA	NEO-PLIESTOCÉNICA
[Ponto]	PLANalto DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS	FLANCO NORTE DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS	SEDIMENTOS PALEOZÓICOS	300 e 350 m	INTERFLUVIOS TABULARES RELEVO QUESTIFORME	NEO-PLIESTOCÉNICA
[Ponto e traço]	PLANalto REBAIXADO DA AMAZÔNIA.	FLANCO NORTE E SUL DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS	SEDIMENTOS PALEOZÓICOS E TERCÁRIOS.	SUPERIOR A 200m (FLANCO NORTE) APROXIMADAMENTE 100m (FLANCO SUL).	SUPERFÍCIE DE APLAINAMENTO CONSERVADA.	NEO-PLIESTOCÉNICA
[Ponto]	PLANÍCIE ANAZÔNICA.	VALE DO RIO AMAZONAS	SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS RIOS	INFERIOR A 50m	PLANÍCIE FLUVIAL ALAGADA E PLANÍCIE FLUVIAL INUNDÁVEL.	PLI-PLIESTOCÉNICA
[Ponto e traço]	PLANalto TAPAJÓS - XINGU	REGIÃO DO BAIXO CURSO DO RIO TAPAJÓS.	SEDIMENTOS TERCIÁRIOS	120 e 170 m.	SUPERFÍCIE TABULAR EROSIVA.	PLI-PLIESTOCÉNICA
[Ponto]	DEPRESSÃO PERIFÉRICA DO SUL DO PARÁ	FLANCO SUL DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS E ESCUDO BRASILEIRO.	SEDIMENTOS PALEOZÓICOS E ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS	125 e 180 m.	COLINAS DE TOPO APLANA-DO	NEO-PLIESTOCÉNICA
[Ponto e traço]	PLANalto RESIDUAL DO TAPAJÓS	ESCOUDO BRASILEIRO	ROCHAS PRÉ-CAMBRIANAS	350 m	COLINAS DE TOPO APLANA-DO E INTERFLUVIOS TABULARES	PLI-PLIESTOCÉNICA



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Fig. 2.2 - Unidades morfoestruturais, elaborada a partir das informações de Nascimento et alii (1976) e Ventura et alii (1975).

Uma descrição sumária das unidades morfoestruturais estabelecidas por Nascimento et alii (1976) e Ventura et alii (1975), com informações a respeito de sua localização geográfica, litologias constituintes, formas de relevo predominantes e idades das superfícies de aplainamento existentes, é transcrita abaixo. Além disso, sempre que as unidades morfoestruturais forem constituídas por rochas fanerozóicas, serão também comentadas as principais características da rede de drenagem, a qual é o principal elemento para uma análise morfoestrutural, de acordo com os métodos de interpretação deste trabalho de pesquisa.

2.2.1 - DEPRESSÃO PERIFÉRICA DO NORTE DO PARÁ

Esta unidade morfoestrutural, elaborada sobre rochas pré-cambrianas, estende-se na direção E-W acompanhando o flanco norte da bacia sedimentar do Amazonas, com altimetria inferior a 200 metros. Nela predomina uma superfície de aplainamento conservada, esculpida num ciclo erosivo neo-pleistocênico (Nascimento et alii, 1976).

2.2.2 - PLANALTO DA BACIA SEDIMENTAR DO AMAZONAS

Esta unidade corresponde ao flanco norte da bacia sedimentar do Amazonas, com altitudes entre 300 e 350 metros e disposição alongada na direção E-W. É constituída por litologias paleozóicas, que apresentam um relevo cuestiforme bem caracterizado (Nascimento et alii, 1976). A drenagem desenvolve um padrão treliça típico, com cursos d'água subsequentes muito extensos. Como exemplo, pode ser citado o trecho retilíneo do rio Curuá, no extremo noroeste da área de estudo.

2.2.3 - PLANALTO REBAIXADO DA AMAZÔNIA

Esta unidade morfoestrutural está presente em ambas as bordas da bacia sedimentar do Amazonas, com altimetria de aproximadamente 100 metros no flanco sul e superior a 200 metros no flanco norte. As litologias constituintes correspondem às formações paleozóicas e aos sedimentos da formação Alter do Chão. Há predominância de uma superfície de

aplaínamento conservada, resultante da fase de pediplanação neo-pleistocénica (Nascimento et alii, 1976). A drenagem que ocorre nesta unidade apresenta padrões treliça, retangular-dendrítico ou dendrítico, este último principalmente onde afloram as formações Nova Olinda e Itaituba.

2.2.4 - PLANÍCIE AMAZÔNICA

Tal unidade desenvolve-se ao longo do rio Amazonas, estendendo-se na direção E-W. Pertencem à Planície Amazônica todos os trechos submetidos diretamente ao controle deste grande curso d'água, os quais podem ser classificados como alagados ou inundáveis. Nesta unidade predominam os sedimentos quaternários (Nascimento et alii, 1976).

2.2.5 - PLANALTO TAPAJÓS-XINGU

Esta unidade morfoestrutural encontra-se instalada em sedimentos da formação Alter do Chão, com altitudes que oscilam entre 120 e 170 metros. Tem como limite norte a Planície Amazônica e apresenta rebordos erosivos, especialmente nas proximidades de Santarém; limita-se ao sul, de maneira gradativa, com o Planalto Rebaixado da Amazônia, sendo cortada a oeste pelo rio Tapajós, que a separa em duas partes na direção NNE-SSW. É caracterizada por uma superfície tabular erosiva, que foi esculpida pela morfogênese plio-pleistocénica (Nascimento et alii, 1976). Tal superfície tem ocorrência conspícua na região de estudo, pois ocupa aproximadamente a terça parte da área sedimentar, sendo, portanto, claramente distinguível nas imagens. Contudo, ela apresenta amiúde baixíssima densidade de drenagem, o que pode se constituir numa condição desfavorável para análises morfoestruturais.

2.2.6 - DEPRESSÃO PERIFÉRICA DO SUL DO PARÁ

É constituída em sua maioria por rochas pré-cambrianas, compreendendo também pequenos trechos formados por litologias paleozóicas do flanco sul da bacia sedimentar do Amazonas. O interior da depressão corresponde a uma superfície de aplaínamento neo-pleistocénica, desenvolvida sobre terrenos pré-cambrianos com altitudes que variam de 125 a

180 metros. De acordo com Ventura et alii (1975), a atuação dos processos fluviais sobre este pediplano originou formas de relevo em colinas de topo aplainado. A drenagem desenvolvida nas áreas sedimentares possui um caráter retangular-dendrítico.

2.2.7 - PLANALTO RESIDUAL DO TAPAJÓS

Esta unidade morfoestrutural é representada na área de estudo por um compartimento dissecado, com altitude média de 350 metros, elaborado em rochas pré-cambrianas intensamente fraturadas ou falhadas.

A dissecação do relevo nesta unidade é pronunciada, resultando em formas erosivas variadas, tais como colinas de topo aplainado e interflúvios tabulares (Ventura et alii, 1975). Segundo estes autores, a presença de formas tabulares e o nivelamento do topo das serras sugerem a possibilidade de correlação com o processo de pediplanação plio-pleistocênico.

2.3 - GEOLOGIA REGIONAL E ESTRATIGRAFIA

A bacia sedimentar do Amazonas foi instalada a partir do final do Pré-Cambriano/início do Paleozóico. Ela possui um eixo principal orientado segundo E-W e posicionado alguns graus ao sul do Equador. De acordo com Cordani et alii (1983), sua origem está relacionada com um possível intumescimento da litosfera no Cambro-Ordoviciano, que foi acompanhado por atividades magmáticas básicas e ultrabásicas. Com efeito, foi constatada a presença de tais manifestações no embasamento dos poços CM-1-PA e CM-2-PA, na bacia do Médio Amazonas (Figura 2.3). Neste local, foram coletadas amostras de piroxenito cuja datação K-Ar indicou idades da ordem de 450 ± 100 m.a.. Em seguida, após um período de resfriamento, houve uma contração da litosfera, o que propiciou uma subsidência generalizada a partir do Siluriano.

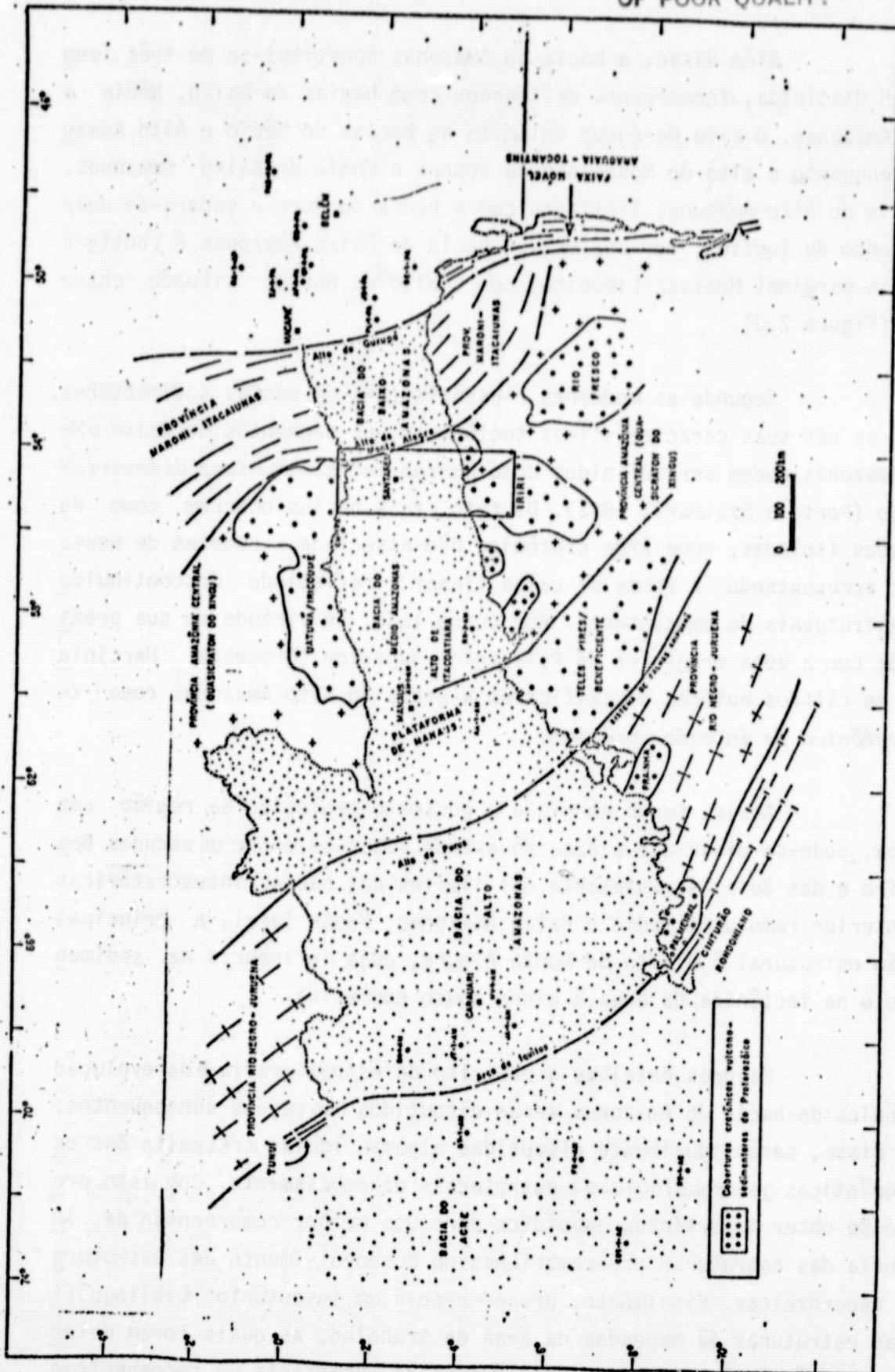


Fig. 2.3 - Mapa geológico-geotectônico esquemático do embassamento da bacia do Amazonas.

Além disso, a bacia do Amazonas constitui-se de três segmentos distintos, formalmente designados como bacias do Baixo, Médio e Alto Amazonas. O alto de Purus delimita as bacias do Médio e Alto Amazonas, enquanto o alto de Monte Alegre separa o Médio do Baixo Amazonas. A bacia do Alto Amazonas limita-se com a bacia do Acre e separa-se dela pelo arco de Iquitos. Por sua vez, a bacia do Baixo Amazonas é contígua à bacia marginal Mexiana-Limoeiro, com o alto de Gurupá situado entre elas (Figura 2.3).

Segundo as modernas classificações de bacias sedimentares, baseadas nas suas características tectônicas, os segmentos do Baixo e Médio Amazonas podem ser definidos como *bacias intracratônicas de interior remoto* (Porto e Szatmari, 1982). De fato, tais bacias ocorrem como depressões isoladas, numa área cratônica não-associada a cadeias de montanhas, apresentando a forma de calha linear e refletindo descontinuidades estruturais do embasamento. Por outro lado, em virtude de sua proximidade com a zona orogênica do Paleozóico Superior (Orogenia Hercínica), os citados autores classificaram a bacia do Alto Amazonas como *intracratônica de interior próximo*.

Assim, tendo em vista o contexto geológico da região amazônica, pode-se dizer que a área de estudo situa-se entre os escudos Brasileiro e das Guianas, exatamente nos limites das bacias intracratônicas de interior remoto do Médio e Baixo Amazonas. Neste local, a principal feição estrutural é o alto de Monte Alegre, cuja influência na sedimentação e na tectônica da área é ainda pouco conhecida.

Maiores detalhes a respeito da estratigrafia e da evolução tectônica da bacia do Amazonas serão discutidos nas seções subsequentes. Além disso, serão igualmente discutidas algumas idéias a respeito das características geocronológicas e estruturais do embasamento. Com isto, pretende-se obter importantes subsídios para uma melhor compreensão da influência das estruturas pré-cambrianas no desenvolvimento das estruturas fanerozóicas. Finalmente, proceder-se-á um inventário bibliográfico das estruturas já mapeadas na área de trabalho, as quais foram detectadas através de levantamentos geológicos de superfície ou reconhecidas por meio de fotointerpretação.

2.3.1 - SÍNTESSE ESTRATIGRÁFICA

Caputo et alii (1979) realizaram um estudo litoestratigráfico na bacia do Amazonas, com o objetivo de atualizar a nomenclatura. A coluna por eles elaborada não se afastou fundamentalmente das proposições dos autores pioneiros, mas exibiu, no entanto, algumas modificações, face aos resultados de trabalhos sedimentológicos mais recentes (Figura 2.4). As litologias pertencentes a cada unidade geológica também encontram-se representadas nessa coluna, conforme Figura 2.4. As únicas alterações posteriormente introduzidas nessa coluna estratigráfica referem-se às idades das unidades Prosperança e Acari, não mais consideradas como Cambro-Ordovicianas, e sim, Pré-Cambrianas (aproximadamente 1300m.a.).

O pacote sedimentar fanerozóico assenta-se sobre um embasamento cristalino que, no escudo das Guianas, é constituído, segundo Araújo et alii (1976), pelos granitos e gnaisses do complexo Guianense (Pré-Cambriano Inferior a Médio), pelas efusivas ácidas da formação Iracoumê e pelo granito Mapuera, estes últimos pertencentes ao grupo Uatumã (Pré-Cambriano Superior). No escudo Brasileiro, afloram os migmatitos, granitos e gnaisses do complexo Xingu. (Pré-Cambriano Inferior a Médio), as efusivas ácidas a intermediárias da formação Iriri (grupo Uatumã) e os sedimentos das formações Gorotire e Prosperança (Pré-Cambriano Superior), de acordo com Santos et alii (1975).

Deve-se ainda ressaltar que nem todas as unidades incluídas na coluna estratigráfica de Caputo et alii (1971) afloram na região de estudo. Isto se verifica, por exemplo, com as formações Acari, Andirá e Solimões e com o membro Autás-Mirim da formação Trombetas. Ademais, são observadas abundantes intrusões de diabásio na região empreço, ocorrendo mais freqüentemente na porção superior da seção paleozóica (formações Itaituba e Nova Olinda), na forma de diques ou soleiras. Cabe registrar a presença, na área, da feição estrutural denominada Domo de Monte Alegre, intimamente relacionada a tais atividades ígneas permo-triássicas e juro-cretáceas. Finalmente, vale mencionar os aluvões quaternários que preenchem os principais cursos d'água que drenam a área. Estes sedimentos possuem em alguns locais ampla distribuição na superfície como, por exemplo, na Planície Amazônica.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

BACIA DO AMAZONAS

COLUNA CRONOESTRATIGRÁFICA				COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA REGIONAL			
ERATOEMA	SISTEMA	SÉRIE	ANDAR	GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	LITOLOGIA
CENOZOICA	QUATERNARIO	PLIOCENO			SOLIMÕES		
	TERCIARIO	PALEOCENO			ALTER DO CHÃO		
MESOZOICA	CRETACEO		MAESTRICHIANO CENOMANIANO		ANDIRÁ		
	PERMIANO	PERMIANO	INFERIOR SUPERIOR MÉDIO		NOVA OLINDA		
PALEOZOICA	CARBONÍFERO		STEPHANIANO		ITA ITUBA		
	DEVONIANO	SUPERIOR INFERIOR	WESTPHALIANO "D"		MONTE ALÉGRE		
	SILURIANO	INFERIOR MÉDIO	VISEANO TOURNAISIANO		FARO		
PROTEROZOICA	ORDO-VICIANO SILUR. ?	SUPERIOR INFERIOR	STRUNIANO FAMENNIANO FRASNIANO		ORIXIMINA		
PRÉ-CAMBRIANO	ORDO-VICIANO ?	MÉDIO	GIVETIANO EIFELIANO		CURIRI		
			EMSIANO		BARREIRINHA		
			LANDOVERIANO INFERIOR		ERERÉ		
					MAECURU	LONTRA JATAPU	
					TRONBETAS	MANACAPURU PITINGA NHAMUNDÁ	
						AUTAS MIRIM	
					ACARI		
					PROSPERANÇA		
					VATUMA		

Fig. 2.4 - Coluna estratigráfica adotada.

FONTE: Caputo et alii (1971).

2.3.2 - SÍNTESI TECTÔNICA

O conhecimento dos dados bibliográficos sobre a evolução pré-cambriana e fanerozóica da região amazônica é de vital importância para a integração dos resultados da fotointerpretação no contexto tectônico da bacia. Assim, serão apresentadas nesta seção algumas das hipóteses formuladas por outros autores, os quais procuram explicar os principais fenômenos geológicos ocorridos nesta vasta área do território brasileiro.

Amaral (1974) desenvolveu uma síntese da geologia pré-cambriana da Amazônia e estabeleceu, além disso, algumas idéias sobre a evolução tectônica e metalogenética da região. Este trabalho foi realizado com base em pesquisas bibliográficas, investigações de campo, datações geocronológicas e interpretações de dados de sensoriamento remoto.

Esse autor considera que os terrenos pré-cambrianos da região encontram-se englobados na entidade geotectônica denominada Plataforma Amazônica (termo introduzido por Suszczynski, em 1970, para designar o conjunto dos escudos das Guianas e Brasileiro). A observação dos mapas geológicos existentes indica que, ao término do evento Guianense (2700-2500 m.a.), toda a porção nordeste da Plataforma Amazônica já estava consolidada e contornada pelos geossinclíneos transamazônicos. No final do Pré-Cambriano Médio, que é marcado pelo estágio principal do desenvolvimento do evento Transamazônico (2000-1800 m.a.), as rochas depositadas neste geossinclíneo foram dobradas e metamorfisadas. Ao mesmo tempo, as plataformas vizinhas parecem ter sido afetadas por um processo de ativação reflexa (no conceito de Shcheglov, 1970), com o desenvolvimento de intenso magmatismo e metamorfização das rochas previamente existentes. De acordo com Amaral (1974), existem indícios de que toda a Plataforma Amazônica foi afetada por este evento.

Após um período de estabilidade de pelo menos 100 milhões de anos, a parte central da Plataforma Amazônica começou a sentir os efeitos de um processo de ativação do tipo autônoma (conforme Shcheglov, 1970) - o evento Paraense (1700-1550 m.a.). Este evento foi o responsável pelo vulcanismo e pelas coberturas sedimentares associadas, notavelmente desenvolvidos no oeste e sudeste do Estado do Pará. Em seguida, após novo período estável, ocorreu o evento Madeirense, datado entre 1400 e 1250 m.a.. Tal evento originou o magmatismo granítico e a deformação que afetaram a cobertura sedimentar-vulcânica da porção ocidental da região amazônica, estando melhor representados na bacia do rio Madeira. Depois de outra fase estável, sobreveio um terceiro período de ativação autônoma, denominado evento Rondoniense (1050-900 m.a.), responsável pelos granitos circunscritos no Estado de Rondônia. Dessa maneira, afirma Amaral (1974) que a Plataforma Amazônica apresentou um caráter de paraplatforma (segundo Huang, 1959) durante aproximadamente 900 m.a..

No final do Pré-Cambriano Superior, após um período de estabilidade de pelo menos 300 m.a., um processo geossinclinal (ciclo Brasílico) instalou-se na parte sul e, provavelmente, nas partes leste e oeste da Plataforma Amazônica. No interior da plataforma encontraram-se alguns diques de diabásio com idades variáveis entre 600 e 500 m.a., os quais representam provavelmente uma forma atenuada de ativação reflexa. Na opinião de Amaral (1974), a Plataforma Amazônica perde sua individualidade a partir do final do ciclo Brasílico, incorporando-se daí para diante à Plataforma Sul-americana (Almeida, 1971).

Com base na distribuição das diversas unidades geológicas, Amaral (1974) dividiu a Amazônia em três províncias: Oriental, Central e Ocidental (Figura 2.5). Cada uma delas é cortada em duas partes pela bacia sedimentar do Amazonas. A província oriental é limitada a leste pelo Oceano Atlântico e pelo rio Gurupi e a oeste pelos rios Maecuru, Xingu e Fresco. Estes rios marcam o limite leste da província central, cujo limite oeste é a linha que liga o pico da Neblina ao flanco sul da chapada do Cachimbo. O restante da região é ocupado pela província ocidental.

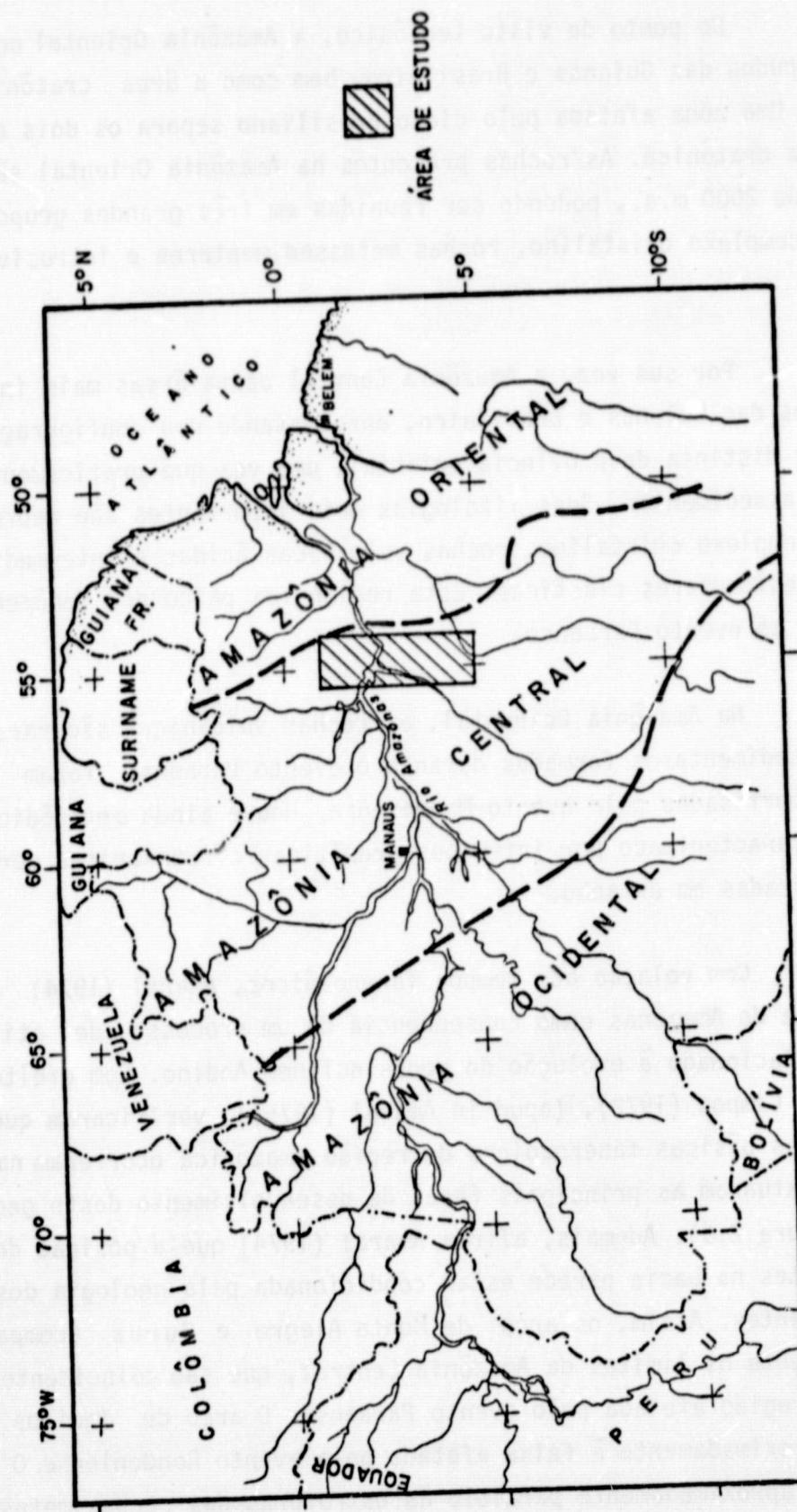


Fig. 2.5 - Províncias geológicas da Amazônia.

FONTE: Amaral (1974).

Do ponto de vista tectônico, a Amazônia Oriental ocupa parte dos escudos das Guianas e Brasileiro, bem como a área cratônica de São Luiz. Uma zona afetada pelo ciclo Brasiliense separa os dois escudos desta área cratônica. As rochas presentes na Amazônia Oriental são mais antigas que 2000 m.a., podendo ser reunidas em três grandes grupos litológicos: complexo cristalino, rochas metassedimentares e intrusivas graníticas.

Por sua vez, a Amazônia Central ocupa áreas mais internas dos escudos das Guianas e Brasileiro, apresentando uma configuração geológica bem distinta da província oriental, uma vez que praticamente não possui metassedimentos. Suas litologias mais importantes são representadas pelo complexo cristalino, rochas vulcânicas ácidas a intermediárias e rochas sedimentares clásticas. Esta região foi palco dos fenômenos relacionados ao evento Paraense.

Na Amazônia Ocidental, as rochas vulcânicas são raras, e as rochas sedimentares formadas durante o evento Paraense foram dobradas e metamorfisadas pelo evento Madeirense. Houve ainda o episódio Rondoniense, caracterizado por intrusões graníticas circunscritas, geralmente mineralizadas em estanho.

Com relação aos tempos fanerozóicos, Amaral (1974) considera a bacia do Amazonas como consequência de um processo de ativação reflexa, relacionado à evolução do geossinclíneo Andino. Com efeito, Amaral e Rocha Campos (1972), (apud in Amaral (1975)), verificaram que as manifestações básicas fanerozóicas da região amazônica ocorreram nas épocas em que atuaram as principais fases de desenvolvimento deste geossinclíneo (Figura 2.6). Ademais, afirma Amaral (1974) que a posição dos arcos existentes na bacia parece estar condicionada pela geologia dos escudos adjacentes. Assim, os arcos de Monte Alegre e Purus acompanham aproximadamente os limites da Amazônia Central, que são coincidentes com aqueles da região afetada pelo evento Paraense. O arco de Iquitos corresponde aproximadamente à faixa afetada pelo evento Rondoniense. O arco de Gurupá é aproximadamente paralelo às estruturas das rochas metassedimentares.

mentares do Amapá. Por outro lado, o eixo da bacia é orientado segundo N70E, cortando quase que perpendicularmente as direções preferenciais do embasamento. Comportamento semelhante é apresentado pelo arco do Rio Branco, definido por Amaral (1974), o qual está associado à fossa do Taçtu e ao falhamento transcorrente que se estende desde o pico da Nebília até o Suriname. Na concepção de Amaral (1974), esta feição controlou o desenvolvimento transversal da bacia, sugerindo um relacionamento do tipo sinéclise-antéclise, conforme Belousov (1962).

Por sua vez, Cordani et alii (1979) também elaboraram um modelo para a evolução pré-cambriana da região amazônica, com base em informações de caráter geológico, petrológico e, principalmente, geocronológico. Em síntese, eles propuseram o desenvolvimento de três faixas móveis ("mobile belts") em torno de uma região central mais antiga, de vocação cratônica desde o Proterozóico Inferior. Este núcleo cratônico, denominado Província Amazônica Central, é constituído em sua maioria por rochas com idades até 2600 m.a.; são raros até o momento resultados radiométricos do Arqueano. Ao redor desta zona mais estável, foram desenvidas as faixas móveis conhecidas como Maroni-Itacaiunas (2200-1800 m.a.), Rio Negro-Juruena (1700-1400 m.a.) e Rondoniana (1400-1000 m.a.), todas alinhadas na direção NW-SE (Figura 2.3). As litologias que constituem tais "mobile belts" são representadas principalmente por rochas graníticas (granitos, gnaisses e migmatitos), em grande parte formadas durante as épocas características de cada faixa móvel. Cordani et alii (1979) consideraram que neste processo o fenômeno de acreção predominou sobre o retrabalhamento crustal. Vale registrar que, embora os modelos evolutivos de Amaral (1974) e Cordani et alii (1979) sejam diferentes, os limites entre as províncias tectônicas por eles propostas são aproximadamente coincidentes em muitos locais.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

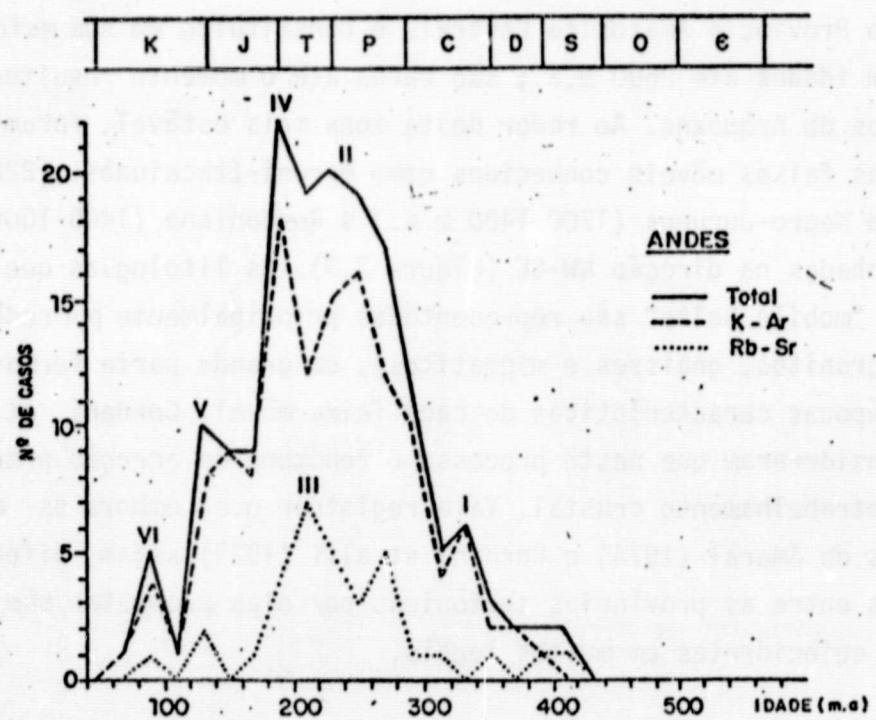
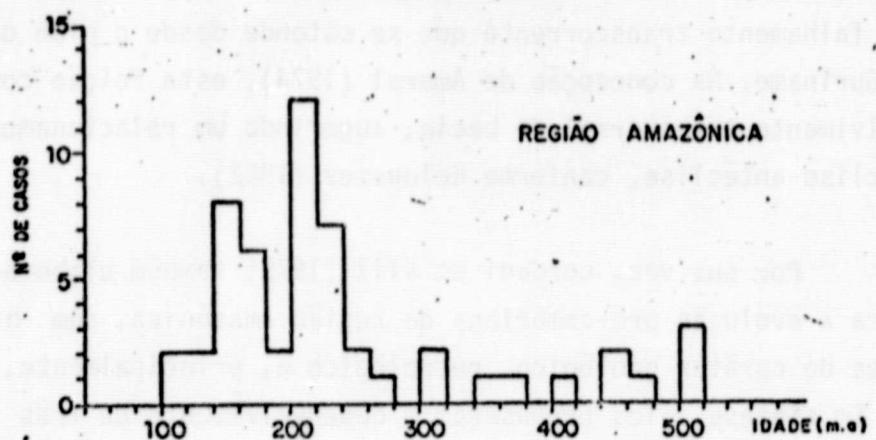


Fig. 2.6 - Comparação entre as idades do magmatismo básico da Amazônia e as fases de desenvolvimento da faixa de dobramentos andinos.

FONTE: Amaral e Rocha Campos (1972)

Tendo em vista a compartimentação proposta por Cordani et alii (1979), foi constatada posteriormente por Cordani et alii (1983) a existência de um relacionamento entre os segmentos do Baixo, Médio e Alto Amazonas com as províncias tectônicas do pré-cambriano. O embasamento da bacia do Baixo Amazonas corresponde, portanto, ao prolongamento da faixa móvel Maroni-Itacainuas; o substrato cristalino do Médio Amazonas está relacionado à Província Amazônia Central; o embasamento da bacia do Alto Amazonas corresponde ao prolongamento da faixa móvel Rio Negro-Juruena. Por sua vez, na opinião destes autores, a província Rondonia na pode constituir-se no substrato da bacia do Acre (Figura 2.3).

Além disso, a exemplo de Amaral (1974), Cordani et alii (1983) verificaram que os limites entre as províncias tectônicas pré-cambrianas correspondem aparentemente às feições estruturais que separam as bacias do Acre e do Alto, Médio e Baixo Amazonas. Na verdade, os arcos de Iquitos e Purus, assim como o alto estrutural de Monte Alegre, parecem estar posicionados no prolongamento das estruturas que definem os limites das províncias do embasamento (Figura 2.3).

Cordani et alii (1983) também identificaram diversos sistemas de falha em escala de reconhecimento, com extensão que oscila desde dezenas até milhares de quilômetros (Figura 2.7). Estas feições foram denominadas estruturas lineagênicas, possuindo caráter policíclico e atuação em períodos de tempo superiores a 1000 m.a.. Segundo Cordani et alii (1983), tais estruturas encontram-se aparentemente relacionadas a fenômenos de reativação, que podem ter ocasionado:

- a) movimentos diferenciais de blocos, os quais condicionam bacias de sedimentação e fonte supridoras intracratônicas;
- b) dobramento das coberturas vulcâno-sedimentares proterozoicas;
- c) manifestações magmáticas diversas;
- d) cataclase e eventos termodinâmicos associados;

e) influência decisiva na implantação da drenagem e na elaboração do relevo;

f) herança tectônica considerável para todos os eventos geológicos que sucedem o período de reativação, até mesmo o Cenozóico.

Um estudo geocronológico das rochas básicas e alcalinas anorogênicas da Amazônia mostrou que o desenvolvimento de cada uma das faixas móveis definidas por Cordani et alii (1979) foi acompanhado por uma atividade ígnea na Província Amazônia Central (Teixeira, 1978). Assim, vários eventos magmáticos pré-cambrianos foram definidos por este autor, a saber:

- a) 1950-1850 m.a. - magmatismo terminal da faixa móvel Maroni-Itacaiunas;
- b) 1680-1530 m.a. - reflexo do desenvolvimento da faixa móvel Rio Negro-Juruena;
- c) 1500-1300 m.a. - magmatismo terminal da faixa móvel Rio Negro-Juruena;
- d) 1250-1050 m.a. - reflexo do desenvolvimento da faixa móvel Rondoniana;
- e) 1050-850 m.a. - magmatismo terminal da faixa móvel Rondoniana.

Segundo Teixeira (1978), estas atividades magmáticas estão condicionadas a grandes zonas de fraqueza com direção NE, as quais, seccionam tanto as faixas móveis como a Província Amazônia Central (Figura 2.8). Há, além disso, evidências de reativações sucessivas ao longo destas feições lineares regionais. O melhor exemplo deste fenômeno ocorre no lineamento Cachorro, situado no escudo das Guianas, onde as idades dos focos vulcânicos incluem todos os episódios magmáticos acima citados.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

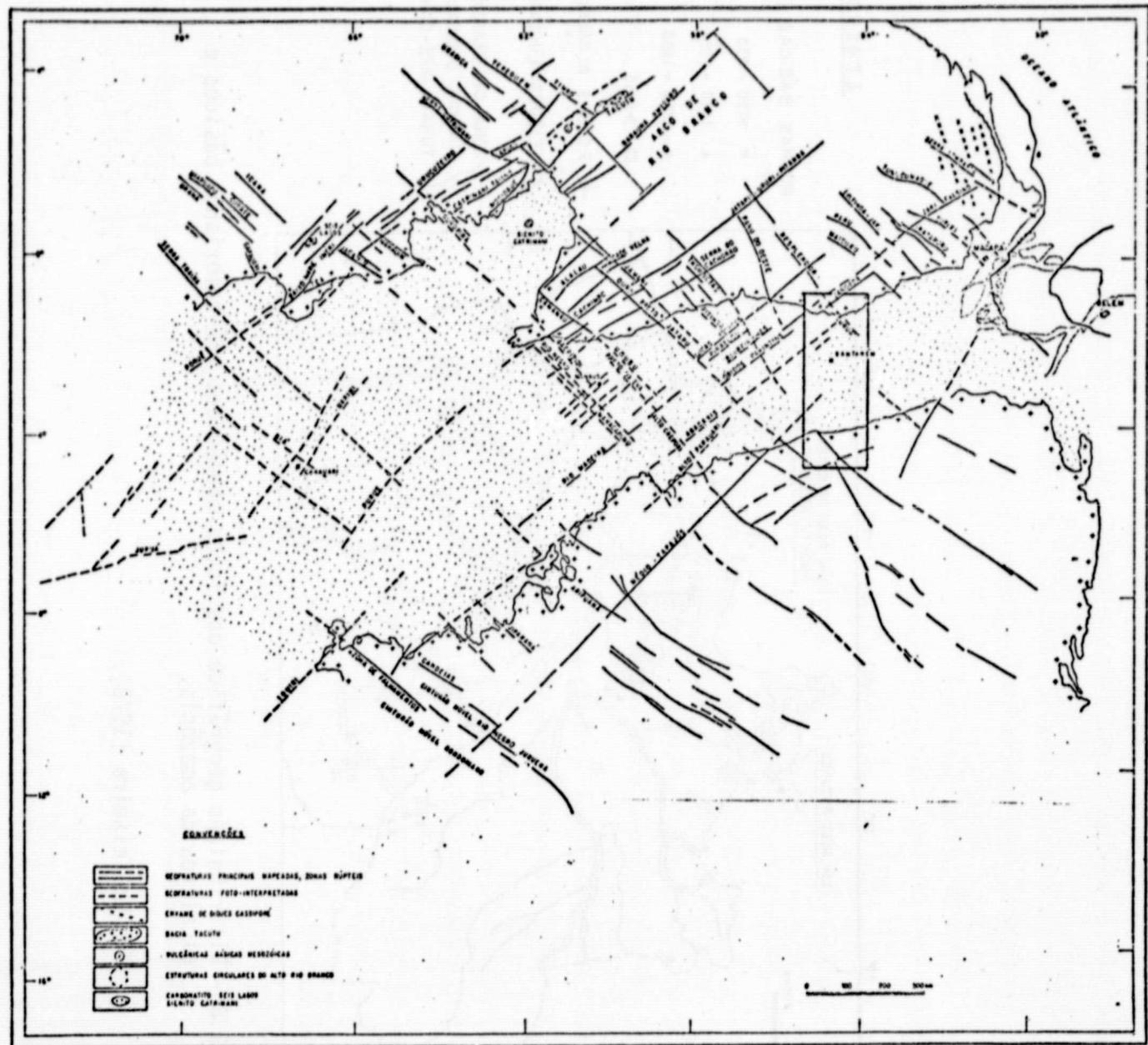


Fig. 2.7 - Principais estruturas lineagênicas do embasamento do craton amazônico e feições associadas.

FONTE: Cordani et alii (1983).

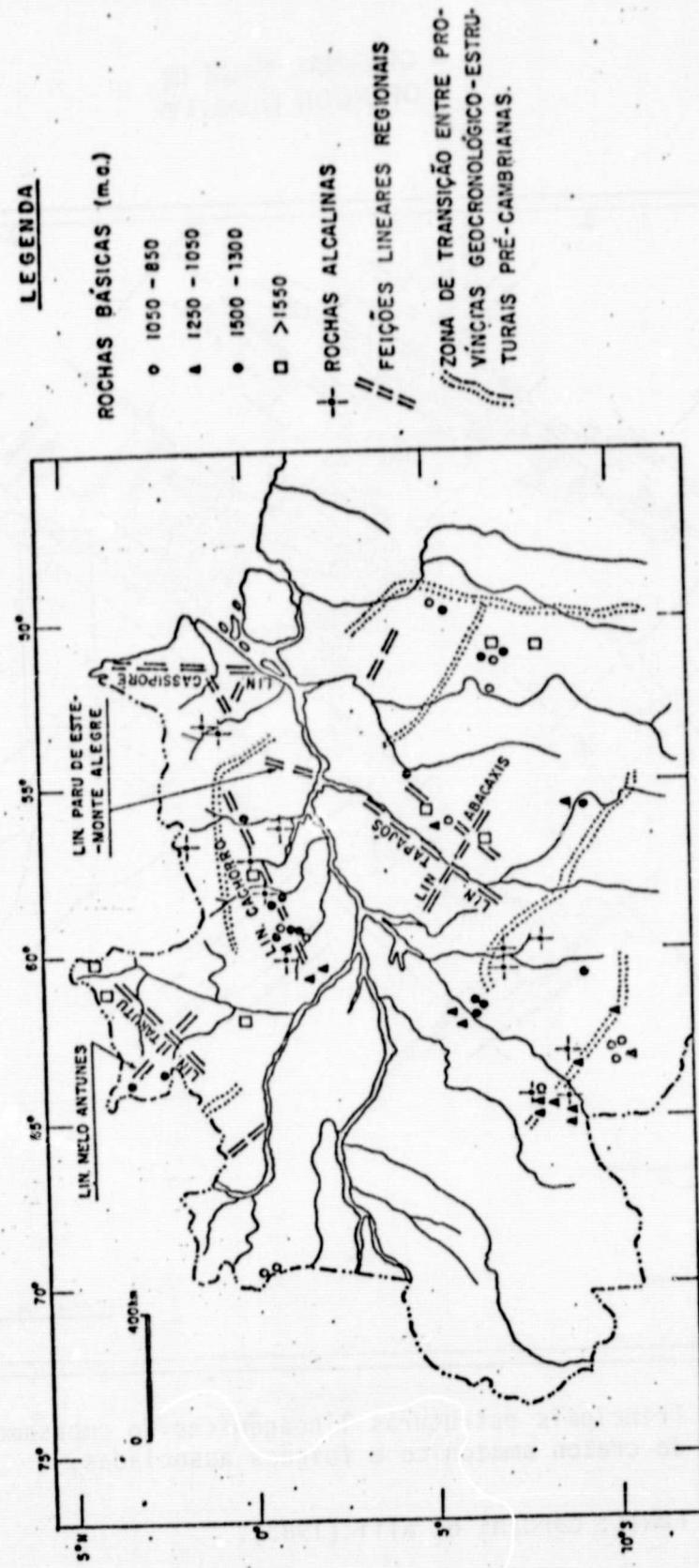


Fig. 2.8 - Distribuição geográfica dos focos magnéticos pré-cambrianos básicos e alcalinos da amazônia.

FONTE: Teixeira (1978).

A região amazônica foi também atingida nos tempos fanerozôicos por uma intensa atividade ígnea básica. A princípio, foi registrado um vulcanismo na parte norte-occidental do geossinclíneo Paraguai-Araguaia, com idade eopaleozônica, representando o magmatismo terminal do evento Brasiliense (Teixeira, 1978). Há, depois disso, exemplos de ocorrências magmáticas com idades entre 420 e 310 m.a. (Figura 2.9).

Thomaz Filho et alii (1974) afirmaram que a fase vulcânica permo-triássica que ocorreu em seguida está associada à separação da América do Norte do conjunto África-América do Sul, enquanto as manifestações jurássico-cretáceas estão relacionadas somente com a separação da África e da América do Sul. Estes autores encontraram ainda evidências de recorrências magmáticas ao longo de alguns sistemas de fratura, citando como exemplo as datações obtidas no poço 1-MA-1. Nesta localização, os testemunhos das rochas básicas intrudidas na parte inferior da seção sedimentar indicaram idade permo-triássica, enquanto os testemunhos da parte superior indicaram idade jurássica superior.

Na opinião de Teixeira (1978), as direções das rochas básicas fanerozôicas são predominantemente N-S, merecendo destaque os grandes diques permo-triássicos de direção N-S situados no território do Amapá, os quais configuraram o lineamento Cassiporé.

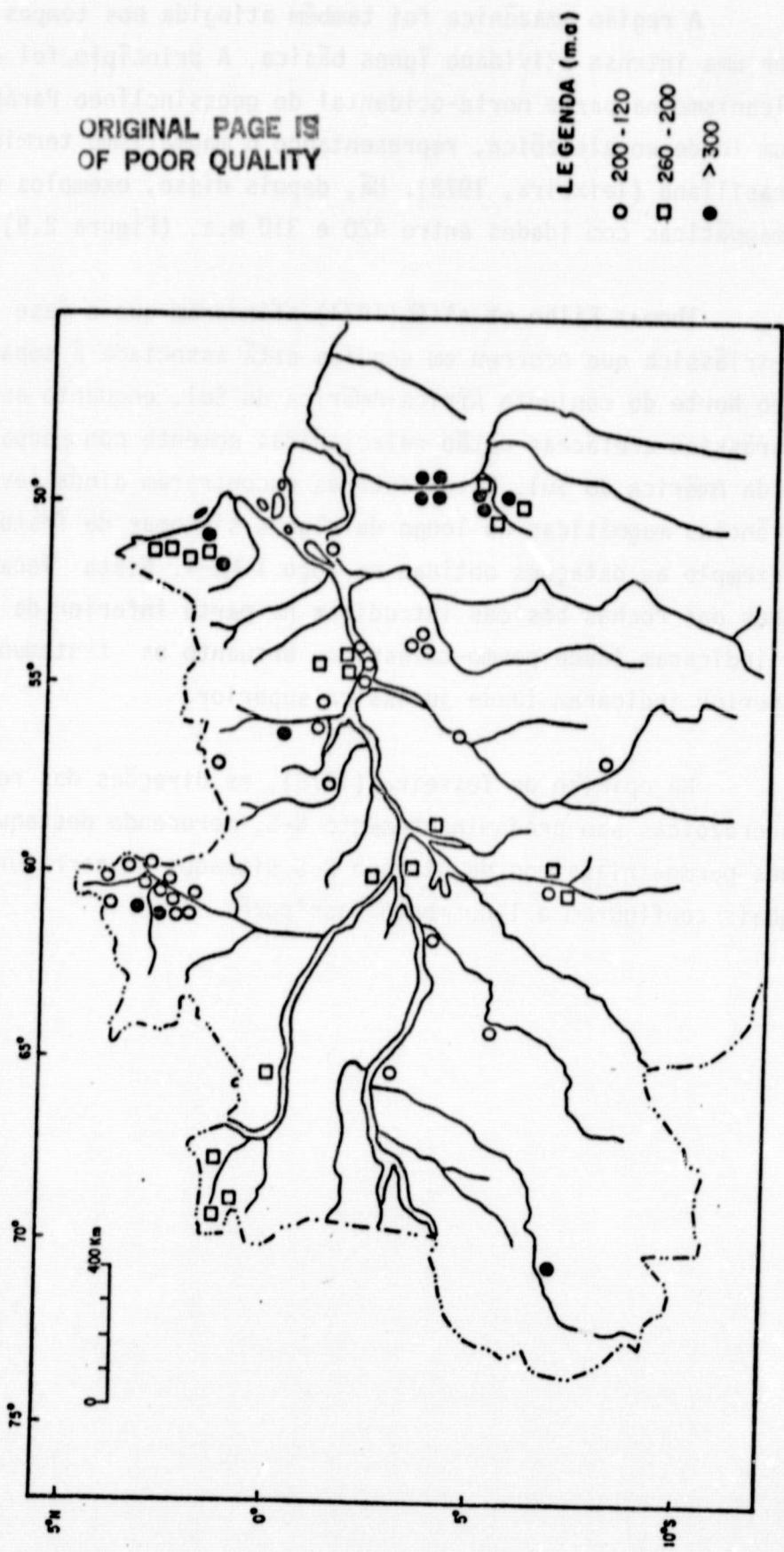


Fig. 2.9 - Distribuição geográfica dos focos magnéticos básicos fanerozóicos.

FONTE: Teixeira (1978).

2.3.3 - SÍNTESSE ESTRUTURAL

Trabalhos realizados por diversos geólogos na região estu dada, principalmente por Issler et alii (1974), Santos et alii (1975), Araújo et alii (1976) e Macambira et alii (1977), mostram que os diques de diabásio são encontrados preferencialmente orientados na direção N15-30E. Podem ocorrer, entretanto, variações locais como acontece na área do domo de Monte Alegre, onde Pastana et alii (1978) encontraram di ques orientados no sentido norte-sul, perfeitamente alinhados com o li neamento Paru de Este-Monte Alegre definido por Araújo et alii (1976). Tais constatações demonstram a associação destas direções com o magma tismo mesozóico da região amazônica.

Os autores acima citados registraram outras direções estru turais importantes, não-relacionadas a diques, que se orientam segundo N45-50E, N60-70E e N70-80W, estabelecendo, até mesmo, um relacionamento com feições regionais expressas no pré-cambriano. Assim, a direção N45-50E está associada ao lineamento Tapajós, registrado por Santos et alii (1975). A direção N60-70E está associada ao lineamento Cachorro, reconhecido por Araújo et alii (1976). A direção N70-80W foi atribuída, por Macambira et alii (1977), à foliação das rochas do complexo Xingu.

A direção N60-70E tem sido registrada em diversos tra balhos geofísicos e geológicos da Petrobrás, e vem se tornando uma dire ção importante no estudo da evolução estrutural da bacia. A primeira re ferência neste sentido foi apresentada por Swan (1957) ao estudar a geo logia do rio Cupari. Este autor sugeriu a existência de uma linha de charneira orientada na direção N70E, posicionada entre a localização 2-CP-1 e a borda da bacia. Bemerguy (1964), estudando parte do flanco sul da bacia, no trecho entre os rios Tapajós e Curuá do Sul, constatou a pre sença de soleiras de diabásio intrudidas segundo N70E. Caputo e Cunha (1974) estabeleceram que o domo de Monte Alegre é limitado por falhas de gravidade, que também se orientam na direção N70E. Igual orientação foi atribuída a uma linha de charneira (Figura 2.10), definida pela assime tria de drenagem e pelo caráter subsequente de alguns afluentes do rio Curuá do Sul (Cunha, 1982).

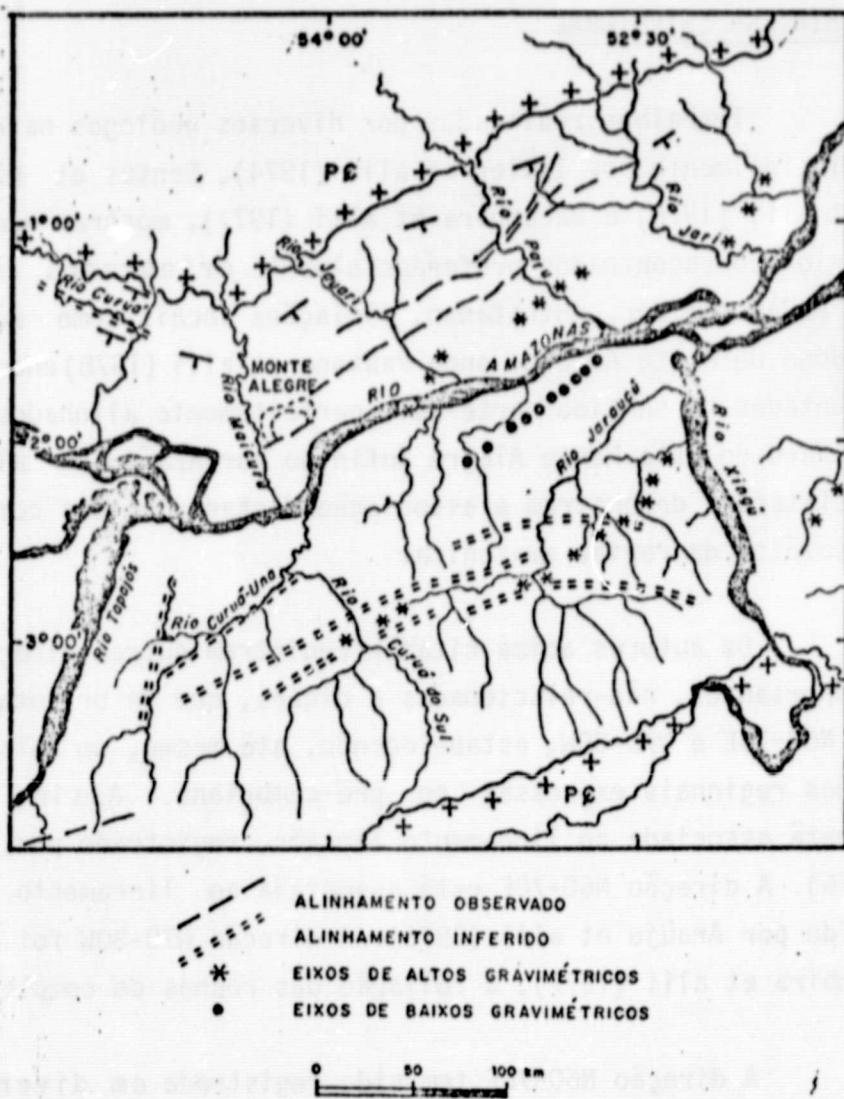


Fig. 2.10 - Geologia do Baixo Amazonas.

FONTE: Cunha (1982).

Vários autores constataram que as estruturas orientadas na direção N60-70E têm sofrido reativações. Assim, Swan (1957) sugeriu que a linha de charneira por ele proposta estaria associada a um aumento de espessura do pacote devoniano, em decorrência de movimentação nesta época. Igual movimentação foi inferida por Caputo e Cunha (1974), ao estudarem a seção devoniana entre os poços 1-MA-1 e 2-MA-2.

2.4 - RETROSPECTO EXPLORATÓRIO

2.4.1 - DADOS GEOLÓGICOS DE SUPERFÍCIE

Os dados bibliográficos indicam que as investigações anteriormente realizadas na área de estudo podem ser divididas em três categorias:

- Reconhecimentos geológicos.
- Levantamentos estratigráficos.
- Mapeamentos em escala regional.

Os trabalhos de reconhecimento geológico detiveram-se apenas na execução de perfis litoestratigráficos ao longo dos principais rios que drenam a região, visando tão somente fornecer subsídios à elaboração de uma coluna geológica. Em geral, os aspectos estruturais neles enfocados predem-se apenas às atitudes das camadas e às feições de caráter local, tais como pequenos anticlinais e mergulhos anômalos, que se sempre relacionados às abundantes intrusões de diabásio que ocorrem na área.

Os levantamentos estratigráficos e estruturais específicos dizem respeito às áreas pertencentes ao domo de Monte Alegre. Estas investigações tiveram o propósito de formular hipóteses sobre sua gênese, de observar relações de contato entre as unidades geológicas que nele afloram e de verificar a existência no local de possíveis trapas estruturais e estratigráficas.

Os mapeamentos em escala regional procuraram representar de forma mais precisa e abrangente a distribuição no terreno das diferentes unidades geológicas, bem como as principais feições estruturais. Em alguns destes mapeamentos, foram largamente empregados produtos de sensoriamento remoto como, por exemplo, imagens de RADAR e fotografias aéreas verticais. Em outros mapeamentos, entretanto, a não-utilização de tal material prejudicou seriamente as interpretações estruturais e tec-

tônicas efetuadas, tendo em vista a diminuição do poder de observação do intérprete ao nível regional. Vale lembrar que, no flanco sul da bacia, a vasta extensão ocupada pela formação Alter do Chão permanece desprovida de investigações geológicas de superfície, mesmo em escalas inferiores a 1:100.000.

Como conclusão, pode-se afirmar que os dados bibliográficos são ainda insuficientes para caracterizar com maior precisão o arco tectônico da área de estudo, em virtude de estarem restritos principalmente às faixas de afloramentos paleozóicos, o que dificulta a integração e a correlação da informação referente a ambos os flancos da bacia.

a) Reconhecimentos geológicos

Com respeito a trabalhos geológicos de superfície realizados pela Petrobrás na área de estudo, destacam-se, no flanco norte da bacia, os reconhecimentos de Cook (1955) e Krause (1955) efetuados, respectivamente, ao longo dos rios Maecuru e Curuá.

A área investigada por Cook (1955) incluiu, além do rio Maecuru, grande parte de seus tributários. Entretanto, tais cursos d'água mostraram-se pobres em termos de informação geológica, em razão da densa cobertura vegetal e da relativa escassez de afloramentos. Por outro lado, as exposições do rio Maecuru puderam ser adequadamente mapeadas num percurso de aproximadamente 100 km. Todos os afloramentos foram plotados numa base cartográfica na escala 1:25.000, sendo aí exibidos dados das atitudes das camadas, bem como informações estratigráficas e paleontológicas. Além disso, foram reconhecidos dois anticlinais em escala de afloramento. Cook (1955), contudo, não encontrou nenhuma evidência de falhamentos ao longo do rio Maecuru.

Krause (1955) estudou as rochas paleozóicas presentes no rio Curuá e num de seus afluentes, o rio Mamiá. A investigação foi realizada na escala 1:50.000, constando de várias medidas das atitudes dos

estratos, da descrição da constituição litológica dos afloramentos e da coleta de amostras de seu conteúdo fossilífero. Segundo este autor, o panorama estrutural da região do rio Curuá não apresentou grande complexidade, visto que ele constatou apenas duas situações anômalas, nas quais os mergulhos atingiram valores da ordem de 50°. Krause (1955) atribuiu este fato à presença, na área, de intrusões de diabásio.

No flanco sul da bacia, podem ser citados os reconhecimentos executados para a Petrobrás por Kremer (1956b), nos rios Tapajós, Cupari e Tracoá; por Krause (1957), nos rios Tracoá e Cupari; por Silva (1957), no rio Curuá-Una; por Swan (1957), nos rios Cupari e Tracoá.

Krause (1957) efetuou uma investigação geológica ao longo do rio Cupari, onde foi encontrado um grande número de afloramentos, o que possibilitou a confecção de uma seção estratigráfica com razoável detalhe. A rede de drenagem neste local mostrou-se controlada pelo traço de acamamento, cujos rios possuem um caráter marcantemente subsequente. Por outro lado, Krause (1957) observou que as atitudes das camadas apresentavam aí um comportamento anômalo. Segundo este autor, tal fato poderia estar relacionado a intrusões de diabásio ou a um suposto nariz estrutural regional com orientação para sudeste. Kremer (1956b) também realizou estudos estratigráficos e geológicos na seção paleozóica do rio Cupari. A exemplo de Krause (1957), este autor detectou na área mergulhos mais elevados que o padrão regional, atribuindo tal fenômeno à presença de intrusões de diabásio. Foram ainda reconhecidas pequenas estruturas anticlinais, igualmente associadas a corpos de rochas básicas. Swan (1957) conduziu outra investigação estratigráfica na faixa de afloramentos paleozóicos do rio Cupari. A informação por ele obtida foi plotada numa base cartográfica na escala 1:50.000, na qual podem ser encontradas inúmeras indicações de "strike" e "dip" das camadas. Este autor constatou ainda a presença de inúmeros diques ao longo do rio Cupari, cortando principalmente as formações Curuá e Itaituba. Um pequeno anticlinal foi igualmente reconhecido na porção superior da formação Nova Olinda, a cerca de 2,5 km a sudoeste da locação 1-CP-1. Esta estrutura, na opinião de Swan (1957), está relacionada aos corpos intrusivos de diabásio que ocorrem na área.

Silva (1957) estudou as formações paleozóicas dispostas ao longo do rio Curuá-Una. Os resultados foram apresentados num croqui na escala 1:100.000, onde constam informações sobre a posição relativa dos afloramentos e a altitude dos estratos sedimentares. Este autor observou a presença, no local, de pequenas dobras e de valores elevados de mergulho, que a seu ver sugerem movimentação e falhamento.

b) Levantamentos estratigráficos e estruturais específicos

Na região de Monte Alegre, situada na porção nordeste da área de estudo, existem os trabalhos de Dixon (1950), Freydank (1957a, b), Kremer (1956a) e Krömmelbein (1957), todos executados para o Conselho Nacional do Petróleo (CNP) ou para a Petrobrás.

Dixon (1950) realizou uma investigação na área do Baixo Amazonas a pedido do Conselho Nacional do Petróleo. Tal levantamento serviria de subsídio para uma interpretação tectônica da região, com base nas informações geológicas e geofísicas então disponíveis. Este autor dedicou especial atenção à área ocupada pelo domo de Monte Alegre. Em sua opinião, esta feição estrutural não constituía um domo assimétrico; pelo contrário, seu desenvolvimento era condicionado por falhamentos. Neste local, Dixon (1950) elaborou uma carta geológica preliminar na escala 1:80.000, na qual encontram-se representados alguns dados estruturais, tais como falhas e altitudes das camadas.

Kremer (1956a) efetuou posteriormente um estudo geológico e estratigráfico mais detalhado nesta área, cartografando os resultados obtidos na escala 1:50.000. Nesse trabalho, ele considerou o domo de Monte Alegre como um reflexo morfológico da intrusão de um "stock" básico que afetou os estratos silurianos, devonianos e carboníferos. Foram observadas também falhas na direção N-S cortando o domo, assim como um conspícuo falhamento NE em sua parte central. Além disso, foram fornecidos por Kremer (1956a) dados adicionais sobre os valores de "strike" e "dip" dos estratos sedimentares.

Freydank (1957a) investigou os flancos teste e sul do domo de Monte Alegre, de modo a comprovar a existência, no local, de um falhamento NNE/SSW com deslocamento vertical considerável, o qual havia sido reportado por Dixon (1950) e Kremer (1956a). As evidências geológicas, no entanto, levaram Freydank (1957a) a concluir pela inexistência de movimentação com tal magnitude. As observações estratigráficas e estruturais referentes a esse trabalho encontram-se plotadas em mapas 1:10.000. No entanto, Freydank (1957b) observou, através de fotografias aéreas, a existência de um sistema de falhas NNW-SSE, localizadas nas bordas oeste e noroeste da estrutura de Monte Alegre. A exploração desta região mostrou um aparente espessamento da seção sedimentar e uma relativa concentração de rochas básicas. Segundo este autor, isto poderia sugerir a ocorrência dos falhamentos acima mencionados. A informação estratigráfica e estrutural (falhas e atitudes das camadas) relativa à parte ocidental do domo de Monte Alegre foi cartografada por este autor na escala 1:25.000.

Krömmelbein (1957) realizou um trabalho decampo na região de Monte Alegre, com o objetivo de solucionar problemas estratigráficos e estruturais em certas áreas específicas. Este autor concluiu que a estrutura dómica teria sua gênese relacionada à colocação de um "plug" magnético, formador de um "ringdike". Por outro lado, ele verificou que a configuração no terreno e a natureza do contato entre as unidades carboníferas e devonianas sugeriam a existência de zonas de falha com direção NE seccionando o domo. Tais feições estariam freqüentemente associadas a corpos de diabásio e a brechas de falha com concreções ferruginosas. Estas informações geológicas foram, entretanto, cartografadas de forma muito geral na escala 1:200.000.

c) Mapeamentos em escala regional

No flanco norte da bacia, Caputo e Cunha (1974) e Pastana et alii (1978) efetuaram investigações geológicas a nível regional.

Caputo e Cunha (1974) realizaram para a Petrobrás um mapeamento em quatro áreas vizinhas à cidade de Monte Alegre, com auxílio de fotografias aéreas verticais e mosaicos de RADAR. O trabalho objetivou verificar, no terreno, uma anomalia circular registrada no imageamento de RADAR, visto que poderia representar uma estrutura dômica semelhante à estrutura de Monte Alegre. Ademais, estes autores realizaram um reconhecimento geológico nas estradas da região e ao longo dos rios Jauari e Mae curu, de modo a refinar os conhecimentos sobre a faixa de afloramentos paleozóicos. A feição circular vista nas imagens de RADAR foi interpretada como uma área paleozóica mais elevada, sem aparente dobramento, cercada por sedimentos terciários e quaternários. Evidenciaram, também, que o domo de Monte Alegre está situado na extremidade sudoeste de um "horst" de grandes proporções, o que pode ser constatado nos mosaicos radargramétricos. Os resultados deste mapeamento foram plotados em quatro cartas na escala 1:100.000, as quais correspondem a cada uma das áreas estudadas, bem como num mapa geral na escala 1:250.000. Os falhamentos constantes dos mapas na escala 1:100.000 foram cartografados com base nos alinhamentos observados em fotografias aéreas. Além disso, as cartas geológicas confecionadas por Caputo e Cunha (1974) contêm abundantes informações sobre as atitudes das camadas sedimentares e sobre o posicionamento dos diques básicos.

O mapeamento dos terrenos sedimentares adjacentes ao domo de Monte Alegre também foi efetuado por Pastana et alii (1978), como parte integrante do Projeto Sulfetos de Alenquer - Monte Alegre, desenvolvido pela Companhia de Pequisas de Recursos Minerais (CPRM). O objetivo principal deste empreendimento foi avaliar o potencial metalogenético de uma área com 6.050 km², situada entre as cidades acima mencionadas, no que diz respeito a mineralizações do tipo estratiforme sedimentar, notadamente sulfetos de metais base (cobre, chumbo e zinco). Com esta finalidade, foi executado, dentre outras atividades, um mapeamento geológico sistemático em quadrículas na escala 1:50.000, sendo o resultado final expresso num mapa geológico na escala 1:100.000. Assim, estes autores constataram que vários sistemas de fraturamento atingem indistintamente todas as unidades fanerozóicas, sendo menos proeminentes na cobertura terciária. Com

o intuito de visualizar as principais tendências estruturais nas cerca nias do domo de Monte Alegre, Pastana et alii (1978) construíram um dia grama de freqüência de juntas, a partir de 155 medidas de campo. Verifi caram ainda que os fraturamentos encontram-se orientados, preferencialmen te, segundo N-S, E-W e N15-25E, aproximadamente coincidentes com os "trends" do restante da área por eles investigada.

No flanco sul da bacia, existem os mapeamentos de Bemerguy (1964), Caputo e Andrade (1968) e Macambira et alii (1977), todos de âm bito regional.

Bemerguy (1964) mapeou a área compreendida entre os rios Curuá do Sul e Cupari a pedido da Petrobrás, abrangendo um total de 23.900 km². Esta investigação objetivou obter dados que possibilassem um melhor controle estrutural e estratigráfico de uma parte até então pou co conhecida da faixa de afloramento paleozóicos. Os resultados foram car tografados na escala 1:100.000, representando a distribuição, no terre no, das diferentes unidades geológicas e indicando as atitudes das cama das. Foi também confeccionado um mapa geológico geral na escala 1:250.000. Segundo Bemerguy (1964), a área mapeada apresenta-se marcada por inúmeros corpos de diabásio, que ocorrem particularmente na metade superior da co luna paleozóica. Tais rochas parecem constituir uma zona preferencial de intrusão, que se inicia à leste do rio Cupari e se prolonga até o rio Xingu. Na opinião deste autor, os fenômenos intrusivos causaram, sem dú vida, perturbações de caráter local, tais como falhas, sinclinais e rever sões de mergulho. Entretanto, não foram observadas evidências conclusivas quanto a atividades tectônicas que pudessem ocasionar falhamentos e dobramentos de porte apreciável. Vale registrar que, na época em que a pesquisa foi desenvolvida, ele não contava com fotografias aéreas, o que restringiu em muito seu poder de observação ao nível regional. Bemerguy (1964) fez ainda referência a algumas indicações quanto à presença de hidrocarbonetos na região do rio Curuá-Una como, por exemplo, dois horizontes de calcário da formação Itaituba que liberavam odor petrolífero em fratura fresca. Tal fato também foi reportado nas proximidades do rio Cu pari, em um afloramento do calcário Itaituba.

A região entre os rios Cupari e Abacaxis, que compreende cerca de 25.000 km², foi mapeada para a Petrobrás por Caputo e Andrade (1968). O objetivo principal da investigação foi colher maiores informações sobre a estratigrafia e tectônica da área, para avaliação de suas possibilidades petrolíferas. Este mapeamento geológico teve ainda como propósito visualizar o comportamento geomorfológico das diversas formações aflorantes, a fim de coletar dados utilizáveis em interpretações fotogeológicas posteriores. Todos os rios que cortam as rochas paleozóicas foram reconhecidos com auxílio de fotos aéreas obtidas pela FAB, na escala 1:30.000, de modo a facilitar o trabalho no campo. Os resultados da pesquisa foram representados num mapa geológico geral, na escala 1:250.000. São ainda disponíveis mapas por quadriculas, na escala 1:100.000, com a distribuição das unidades geológicas, as falhas identificadas e as atitudes dos estratos. Nenhum dobramento local foi evidenciado por Caputo e Andrade (1968), o que pode ser explicado pela não-execução de trabalhos prévios de fotointerpretação; eles mapearam apenas falhas normais, que causaram omissão ou repetição de camadas. Estes autores procederam ainda a um estudo das diaclases da área, com gráficos de freqüência de direção para as rochas pré-cambrianas, siluro-devonianas e carboníferas. Com base nestes dados, os autores acima mencionados concluíram que todas as litologias mostram o mesmo padrão de fraturamento, o que indica uma reativação de estruturas mais velhas no paleozóico. Além disso, eles observaram que a direção dos diques de diabásio é paralela à orientação das diaclases. Em conclusão, Caputo e Andrade (1968) recomendaram a realização de estudos fotogeológicos, com controle de campo, na faixa de afloramentos paleozóicos e no restante da bacia. Enfatizaram, ainda, a necessidade de uma fotointerpretação do Terciário, de modo a selecionar morfoestruturas capazes de representar estruturas em profundidade.

Macambira et alii (1977) estudaram, no flanco sul da bacia, uma faixa constituída por rochas terciárias, paleozóicas e pré-cambrianas, com 15.000 km² de superfície, estendendo-se desde Altamira até Itaituba. Este levantamento fez parte das atividades do Projeto Sulfetos de Altamira e Itaituba, executado pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). A pesquisa teve como principal finalidade avaliar a potencialidade dos terrenos sedimentares, com relação a mineralizações

sulfetadas de cobre, chumbo e zinco. Além disso, investigaram, de maneira geral, as perspectivas geo-econômicas de toda a área do projeto, tendo em vista a ocorrência de outros bens minerais. Foi efetuado um mapeamento geológico convencional, na escala 1:100.000, que apresentou muitas informações de cunho estrutural, tais como diagramas de freqüência de fraturas. Do mesmo modo, realizaram uma fotointerpretação estrutural sobre imagens de RADAR, na escala 1:100.000, na qual foram reconhecidas, ao nível regional, as principais feições lineares da área, assim como os principais domínios estruturais. Confeccionaram, ainda, um mapa de alinhamentos estruturais na escala 1:500.000.

2.4.2 - DADOS GEOFÍSICOS

Em 1968, a Petrobrás executou na área de estudo um levantamento gravimétrico ao nível de reconhecimento, conforme ilustrado na Figura 2.11. Ainda no campo dos métodos potenciais, existem os levantamentos aeromagnetométricos do Projeto Santarém e do Projeto Integração Geológica-Geofísica do Sul do Pará. O primeiro foi realizado em 1982 pela Prospec S/A Geologia, compreendendo as folhas SA.21-Z-B e SA.21-Z-D; o segundo foi efetuado pela CPRM em 1979, recobrindo, na região em apreço, a folha SB.21-X-B.

São também disponíveis dados das linhas sísmicas terrestres 64-RL-17, 64-RL-18, 64-RL-19, 64-RL-20, 64-RL-21, 64-RL-22, 64-RL-23, 64-RL-24 e 64-RL-25, datadas de 1981 e levantadas transversalmente e ao longo da rodovia Cuiabá-Santarém, no trecho que liga Santarém à localidade de Rurópolis, linhas estas que abrangem uma faixa na qual afloram sedimentos da formação Alter do Chão. Há ainda, no flanco norte da bacia, levantamentos de refração sísmica interpretados em 1970 (linhas 2-R-53, 2-R-54, 2-R-56 e 2-R-57), bem como linhas sísmicas fluviais em grandes trechos dos rios Tapajós (56-RL-8) e Amazonas (56-RL-7), executadas para a Petrobrás em 1980.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

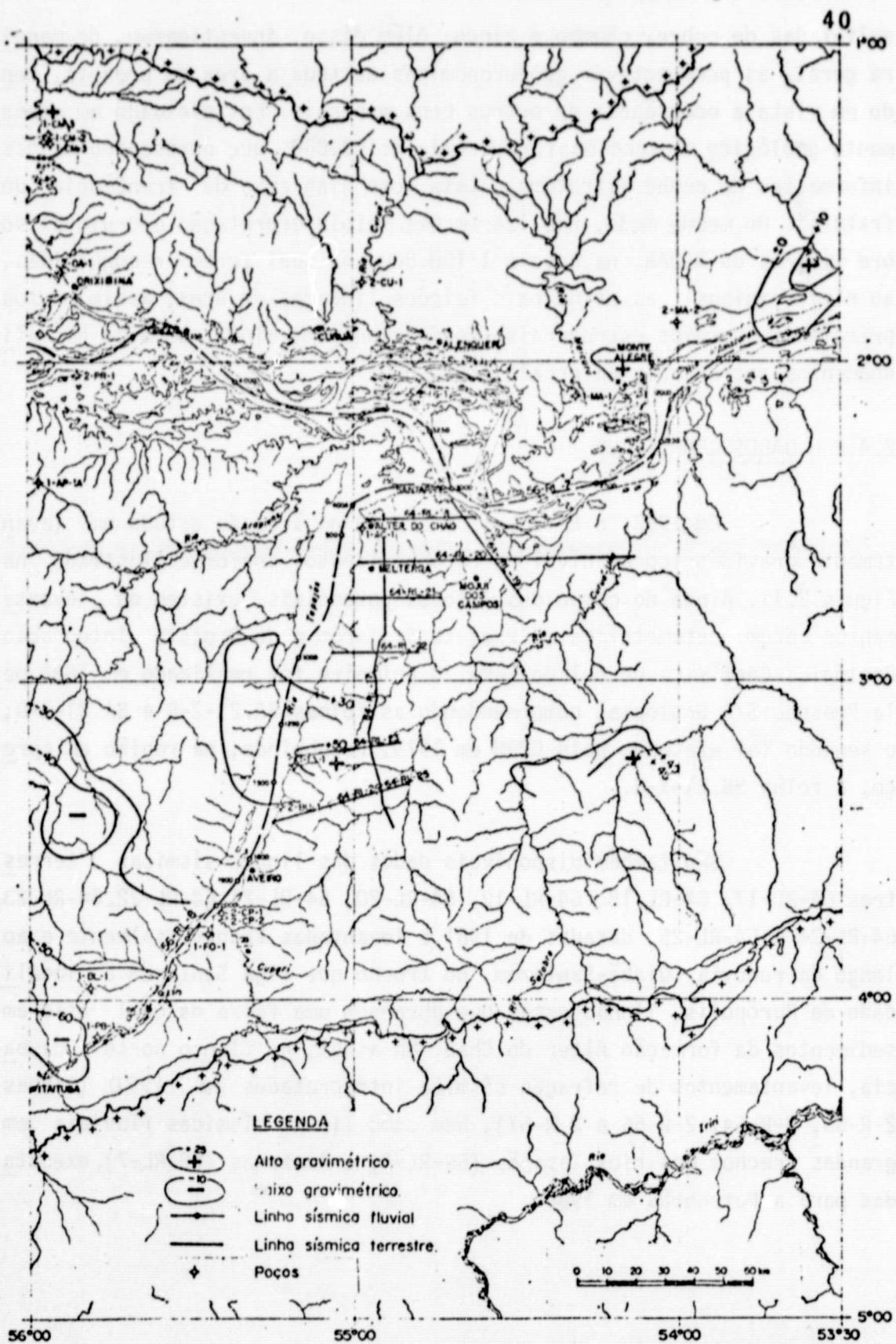


Fig. 2.11 - Mapa de compilação de dados exploratórios (PETROBRAS/DENOR/DINTER).

Os dados sísmicos fluviais e terrestres, por cobrirem uma parte significativa da área de estudo, poderiam ser importantes principalmente na detecção de feições estruturais desenvolvidas sob o pacote sedimentar Alter do Chão. Infelizmente, a qualidade dos registros não é boa, o que praticamente inviabiliza a utilização destes dados no estabelecimento do arcabouço estrutural e tectônico da região.

Os levantamentos aeromagnetométricos, por possuírem um caráter regional e uma boa resolução, mostram-se imprescindíveis para a consecução dos objetivos deste trabalho, tendo em vista a impossibilidade de consulta às informações sísmicas, conforme explicado no parágrafo anterior. A interpretação dos dados referentes a este método geofísico potencial foi executada, em 1982, por Paulo Jackson Morgado de Castro (Petrobrás) e pela ENCAL S/A. Estes resultados serão utilizados neste trabalho para fornecer subsídios para a comprovação da existência das anomalias morfoestruturais e das faixas estruturais ("trends" de lineamentos) definidas através das interpretações das imagens de RADAR ou LANDSAT.

2.4.3 - DADOS GEOQUÍMICOS

De acordo com Rodrigues e Quadros (1982), a bacia do Amazonas, dentre as sinéclises paleozóicas brasileiras, foi a que apresentou uma evolução térmica mais completa, com áreas imaturas, maturas eesianas. Com efeito, constatou-se, no Alto Amazonas, a produção comercial de gás na formação Monte Alegre (Carbonífero Superior), enquanto pequenas quantidades de óleo e gás foram recuperadas das formações Maecuru (Devoniano Inferior - Devoniano Médio), Curuá (Devoniano Superior - Carbonífero Inferior), Monte Alegre e Itaituba (Carbonífero Superior), na bacia do Médio Amazonas. No Baixo Amazonas, os poucos poços perfurados revelaram indícios muito pobres de hidrocarbonetos.

Segundo esses autores, os membros Barreirinha e Pitinga, pertencentes, respectivamente, às formações Curuá e Trombetas (Ordoviciano-Siluriano), são as unidades geradoras mais importantes da bacia. Os folhelhos radioativos do membro Barreirinha podem ser considerados bons geradores de hidrocarbonetos. Por outro lado, os folhelhos não-radioativos do membro Barreirinha e os do membro Pitinga possuem capacidade geradora que oscila de moderada a boa. A Figura 2.12 representa os mapas diagenéticos dos membros Pitinga e Barreirinha, nos quais é possível visualizar as áreas onde tais unidades encontram-se imaturas, maturas (com possibilidade de geração de óleo) e senis (com possibilidade de geração de gás). O mapa correspondente ao membro Barreirinha sugere uma condição de senilidade da matéria orgânica nas vizinhanças de Santarém, passando para uma zona matura em direção às bordas da bacia até atingir, apenas no flanco sul, uma faixa imatura, próxima ao contato com o embasamento. Comportamento similar é verificado em relação ao membro Pitinga, com a diferença de que a zona potencialmente produtora de gás possui mais ampla distribuição.

Outros intervalos menos importantes e com potencial gerador apenas moderado foram constatados por Rodrigues e Quadros (1982) nas formações Ererê (Devoniano Médio), Curuá (membros Curiti e Oriximiná), Faro (Carbonífero Inferior), Monte Alegre e Itaituba. Em toda a região Amazônica, apenas as formações Andirá (Permiano Superior), Alter do Chão (Cretáceo Superior-Terciário) e Solimões (Terciário) não evoluiram o suficiente, em termos diagenéticos, para gerar hidrocarbonetos termoquímicos.

Assim, esses autores concluíram que a pobreza das acumulações de hidrocarbonetos na bacia do Amazonas não é decorrente da falta de litologias geradoras, e sim da ausência de estruturas trapeadoras e de rochas reservatório associadas aos melhores intervalos geradores.

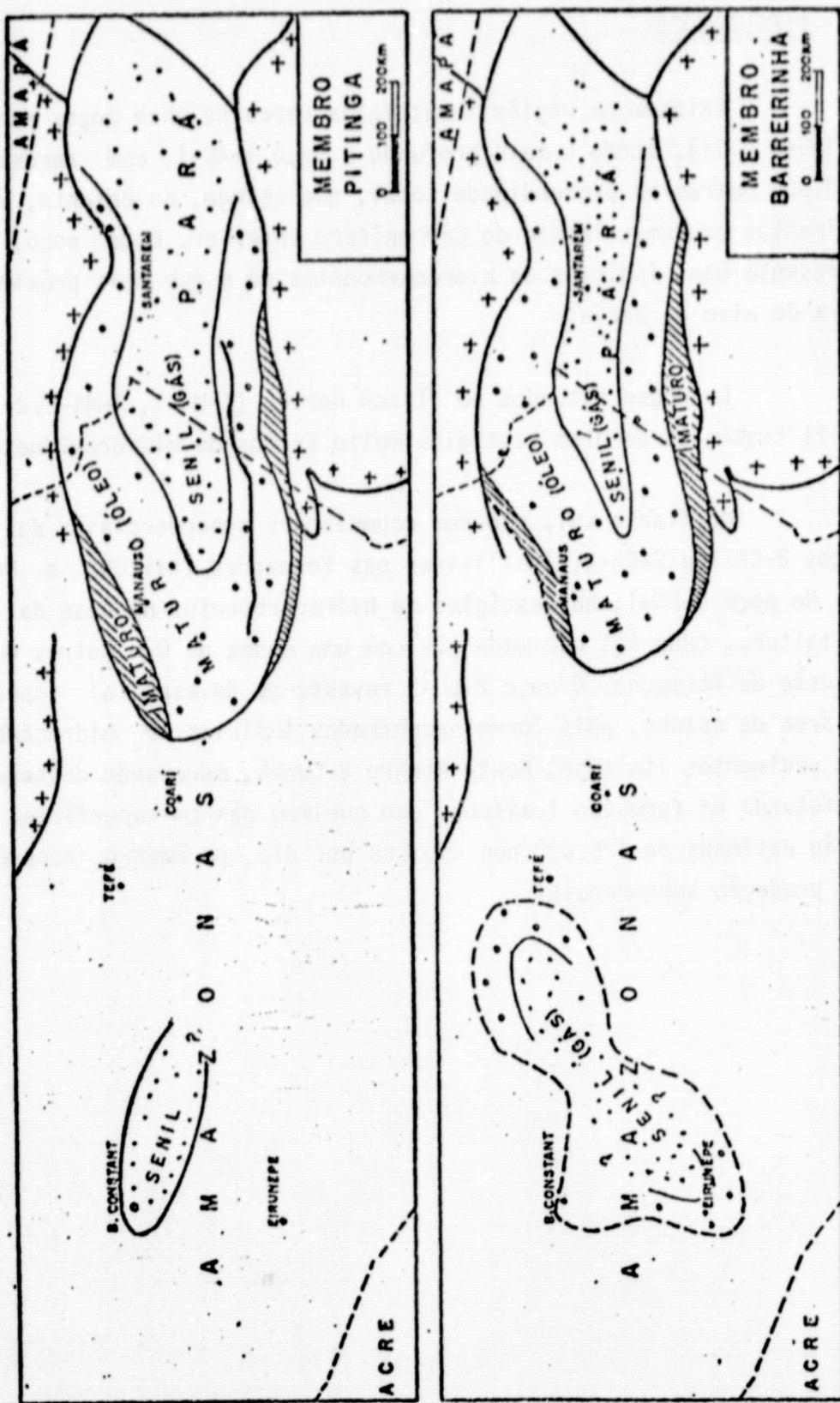


Fig. 2.12 - Mapas diagenéticos dos membros Pitinga e Barreirinha - bacia do Amazonas.

FONTE: Rodrigues e Quadros (1982).

2.4.4 - PERFURAÇÕES

Existem na região investigada cerca de onze poços perfurados (Figura 2.11), sendo o mais profundo o poço 1-AC-1, com aproximadamente 3.500 metros de profundidade total, que atinge, no entanto, somente sedimentos presumivelmente do Carbonífero Inferior. Este poço, que não apresenta bons indícios de hidrocarbonetos, é o que mais próximo se encontra do eixo da bacia.

Os poços situados no flanco norte (1-MA-1, 2-MA-2, 2-CU-1 e 2-IG-1) também apresentam vestígios muito fracos de hidrocarbonetos.

No flanco sul, ocorrem acumulações subcomerciais de gás nos poços 2-CP-1 e 2-CP-2, localizadas nas formações Itaituba e Monte Alegre. No poço 1-F0-1, há vestígios de hidrocarbonetos na base da formação Itaituba, onde foi queimado gás com uma chama de 0,5 metros durante um teste de formação. O poço 2-BU-1 reveste-se de especial importância na área de estudo, pois foram encontrados indícios de hidrocarbonetos nos sedimentos Itaituba, Monte Alegre e Curuá, merecendo destaque o teste efetuado na formação Itaituba, que queimou gás em superfície, com uma vazão estimada de 425.000 pés cúbicos por dia, parâmetro considerado como produção subcomercial.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS DE ANÁLISE

As características ambientais da região Amazônica tornam extremamente difícil a realização de trabalhos convencionais de fotointerpretação nesta área, tendo em vista que:

- a) a alta resolução espacial das fotografias aéreas faz com que elas registrem detalhes excessivos da vegetação, o que pode acarretar um obscurecimento das feições geológicas subjacentes;
- b) as freqüentes coberturas de nuvens que caracterizam a Amazônia constituem um obstáculo para os levantamentos com fotografias aéreas;
- c) a existência de solos espessos, floresta tropical densa e ausência generalizada de afloramentos dificultam o reconhecimento, em escala maiores, das feições estruturais de grande porte.

Além disso, considerando a vasta extensão da área investigada (aproximadamente 72.600 km²), verifica-se a conveniência do emprego de produtos de sensoriamento remoto que forneçam uma visão sinóptica do terreno, diminuindo o tempo gasto na fotointerpretação e realçando os aspectos geológicos de cunho regional. Assim, foram selecionadas para este estudo as imagens LANDSAT e de RADAR, cujas características podem auxiliar o intérprete a contornar os problemas acima referidos.

O principal objetivo da missão LANDSAT foi desenvolver tecnologias para o aproveitamento de recursos naturais, a partir de plataformas orbitais. O primeiro satélite da série foi lançado em julho de 1972, entrando em funcionamento efetivo em março de 1973. O LANDSAT 2 foi lançado em julho de 1975. Encontra-se atualmente em funcionamento o LANDSAT 3, lançado em abril de 1978. O satélite LANDSAT 4 foi lançado em julho de 1982, com o MSS já em operação.

Os satélites LANDSAT 1, 2 e 3 foram equipados com dois tipos de sensores: um imageador multispectral (Multispectral Scanner-MSS) e um sistema de televisão (Return Beam Vidicon - RBV). Utilizou-se neste trabalho os dados do imageador multispectral MSS, o qual coleta a radiação proveniente da superfície terrestre através de um espelho oscilante, com varredura de oeste para leste, perpendicular à trajetória do satélite. Esta informação é decomposta por um sistema óptico em diferentes faixas de comprimento de onda, que constituem os canais do MSS: canal 4 (0,5 - 0,6 μm), canal 5 (0,6 - 0,7 μm), canal 6 (0,7 - 0,8 μm) e canal 7 (0,8 - 1,1 μm). Cada oscilação completa do MSS varre seis linhas no terreno, com extensão de 185 km. O campo instantâneo de visada focaliza uma superfície de 79 x 79 metros. Entretanto, cada nova área amostrada contém 23 metros da anterior, o que significa, para efeitos práticos, que o elemento de resolução no terreno ("pixel") passa a ser uma área de 56 x 79 metros. O nível de cinza de um "pixel" representa, portanto, a radiação média de todas as feições superficiais contidas no campo instantâneo de visada do sistema.

Os produtos do MSS disponíveis ao usuário são as transpa
rências (positivas e negativas), cópias em papel (colorido ou em preto e branco) e imagens armazenadas em fitas digitais ("Computer Compatible Tape"), passíveis de tratamentos automáticos em computador. Os atributos espectrais das cenas constituem-se no principal parâmetro de análise des
tes produtos, tendo em vista a capacidade do sensor de registrar a radi
ância de um determinado alvo em faixas distintas do espectro. Na região
investigada, contudo, a presença de uma cobertura vegetal densa e homo
gênea tende a impossibilitar a discriminação entre diferentes unidades
litológicas e/ou pedológicas, com base unicamente em suas propriedades
radiométricas. Neste caso, as imagens MSS desta área prestam-se mais im
diatamente à análise de seus atributos espaciais, os quais podem também
ser melhorados pelo uso de computadores (filtragens digitais, "contrast
stretch", ampliação de escala, etc.), embora os dados finais (imagens
realçadas) sejam interpretados por critérios visuais. Tais técnicas não
foram utilizadas devido à dimensão da área e ao interesse da pesquisa
ser direcionada para um entendimento estrutural de caráter regional,
bastante compatível com a escala 1:250.000 disponível para as imagens em

papel fotográfico. A estas limitações são somadas as próprias características da distribuição das unidades sedimentares desta porção da bacia do Amazonas, em grande parte recoberta pelos depósitos tabulares e homogêneos da formação terciária Alter do Chão. Vale ainda lembrar que, na faixa de espectro abrangida pelo MSS (visível e infravermelho), a radiação eletromagnética sofre difusão pelas nuvens ou neblina, o que é particularmente frequente na região Amazônica.

O outro sistema imageador empregado no presente estudo foi o RADAR de visada lateral (RVL), que é um sensor remoto ativo, pois possui sua própria fonte de radiação eletromagnética. O levantamento da área em apreço foi efetuado pelo Projeto RADAMBRASIL, através do sistema GEMS de abertura sintética da Goodyear, que opera no comprimento de onda de 3,1 cm (banda X). A antena transmite e recebe radiação polarizada horizontalmente, com ângulos de depressão de 15° e 50°, respectivamente, para as porções distais ("far range") e proximais ("near range") da faixa imageada. As resoluções longitudinal e transversal teóricas, conforme especificação do fabricante, são de 15 metros, embora, na prática, tenham sido estimadas em 25 metros (Amaral, 1974).

As imagens de RADAR do território brasileiro foram tomadas a bordo de um jato Caravelle, a uma altura média de voo de 11.000 metros (escala 1:400.000), com um imageamento contínuo do terreno em faixas de 37 km de largura. Estas faixas paralelas ou "strips" são posteriormente montadas em mosaicos na escala 1:250.000 ($1^{\circ}30' \times 1^{\circ}$), que é o produto final disponível para uso. Na região de estudo, o voo foi orientado na direção N-S; portanto, com realçamento para estruturas paralelas à direção de voo.

Os mosaicos acima mencionados permitem interpretações visuais monoscópicas e são apropriados para as condições climáticas da Amazônia, uma vez que a qualidade das imagens não é afetada pela nebulosidade atmosférica. Além disso, a resolução espacial do sistema GEMS possibilita a realização de estudos geológicos regionais em áreas densamente florestadas. Tal nível de resolução filtra os detalhes excessivos da

vegetação, que tendem a dificultar a interpretação. A principal característica destes produtos, no entanto, é o realce dos aspectos topográficos. O baixo ângulo de iluminação das antenas de RADAR provoca um efeito de sombreamento sobre o relevo, destacando principalmente as feições estruturais lineares, tais como falhas e fraturas. Na verdade, o contraste relativamente baixo entre os valores dos níveis de cinza nas imagens de RADAR torna a fotointerpretação muito dependente dos aspectos geomorfológicos da paisagem.

Assim, tendo em vista as características dos sensores utilizados, a análise dos atributos espaciais das imagens parece ser mais adequada às condições ambientais da área investigada, as quais são estremamente desfavoráveis a estudos de cunho espectral. Deste modo, tentou-se adaptar às características da região Amazônica a metodologia de interpretação morfoestrutural proposta por Soares e Fiori (1976) e Soares et alii (1981). Estes autores ampliaram em alguns aspectos a metodologia proposta por Guy (1966), cujo desenvolvimento obedece a uma seqüência sistemática, codificada e lógica, em oposição ao clássico método das chaves.

A interpretação morfoestrutural realizada por Soares et alii (1981) na bacia paleozóica do Paraná constituiu-se na primeira tentativa de aplicar este método num programa exploratório de hidrocarbonetos. A exemplo da região limítrofe entre o Baixo e o Médio Amazonas, a área por eles estudada possuía grande extensão, relevo aplinado, baixa densidade de informações estruturais e dificuldade de aplicação da sísmica de reflexão, em razão da ocorrência de espessas camadas de rochas ígneas básicas. O objetivo da pesquisa foi detectar feições estruturais superficiais, indicadoras de possíveis trapas estruturais para a acumulação de óleo ou gás, com base em feições geomorfológicas observáveis em imagens do MSS e de RADAR.

A drenagem foi a principal fonte de informação de Soares et alii (1981), pois os terrenos sedimentares por eles investigados não apresentaram uma expressão topográfica conspícuia. Por este motivo, os mo-

saicos radargramétricos e os dados de satélite não deram destaque às formas de relevo, em razão de sua pequena escala e da visão monoscópica que lhes caracterizam. Outrossim, certas feições geomórficas são diferentemente iluminadas pelo sistema de RADAR, em função de sua orientação em relação à linha de vôo, o que pode propiciar um realce excessivo ou o mascaramento de alguns aspectos morfológicos.

De acordo com o objetivo de seu trabalho, Soares et alii (1981) identificaram configurações anômalas na rede hidrográfica, aparentemente representativas do controle da drenagem por estruturas em subsuperfície. No modelo por eles proposto, tais anomalias morfoestruturais seriam constituídas pelo arranjo simultâneo de formas anelares, assimétricas e radiais de drenagem, o qual caracteriza flexuras anelares ou elípticas nas camadas, associadas a mergulhos divergentes (domos) ou convergentes (depressões estruturais). A exigência da simultaneidade é plenamente justificável, pois estas formas de drenagem, quando isoladas, podem representar um controle exercido por um obstáculo litológico, um morro testemunho ou uma flexura monoclinal. Além disso, Soares et alii (1981) procederam a uma classificação não-subjetiva das anomalias morfoestruturais reconhecidas nas imagens, fundamentada na intensidade de estruturação de seus elementos texturais e na similaridade aos modelos estruturais preestabelecidos.

Os lineamentos observados nas imagens LANDSAT e de RADAR também foram considerados por Soares et alii (1982), de modo a caracterizar as principais feições lineares da bacia do Paraná. Em interpretações de âmbito regional, é sempre útil reconhecer os feixes de lineamentos (faixas estruturais) existentes no terreno, pois eles são importantes na integração das anomalias morfoestruturais no contexto tectônico da bacia. Com efeito, este objetivo pode ser alcançado na medida em que se constata uma correspondência entre os "trends" regionais de lineamentos e os "trends" morfológicos representados por anomalias morfoestruturais alinhadas. Gay (1973) e Rowan e Wetlaufer (1981) também afirmaram ser possível eliminar o caráter subjetivo deste tipo de investigação, por intermédio de uma análise estatística dos lineamentos.

3.1 - ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM

3.1.1 - EXTRAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM

A extração minuciosa da rede de drenagem teve por finalidade caracterizar as bacias hidrográficas existentes, especialmente no tocante à disposição espacial e à forma dos elementos texturais de drenagem. Os mosaicos radargramétricos na banda X ($\lambda = 3,1$ cm), obtidos através do sistema GEMS de abertura sintética, foram os produtos utilizados nesta etapa. Tais imagens são apresentadas na escala 1:250.000, correspondendo às folhas Alenquer (SA.21-X-D), Santarém (SA.21-Z-B), Aveiro (SA.21-Z-D) e Rio Cupari (SB.21-X-B). Com efeito, a resolução espacial estimada na prática para este sensor (25 metros) excede àquela referente ao imageador MSS do LANDSAT, cujo elemento de resolução no terreno ocupa uma área de 79×79 metros.

Outra característica vantajosa das imagens de RADAR é destacar os aspectos topográficos do terreno, em razão da maneira com que o sistema ilumina a área imageada. Deste modo, são mais realçadas as feições morfológicas com direção paralela à linha de voo, posicionadas perpendicularmente ao sinal emitido pela antena. Como os rios presentes na região investigada possuem seus vales razoavelmente profundos e entalhados nas litologias paleozóicas ou nos peneplanos da formação Alter do Chão, e considerando que o cimento regional da drenagem é coincidente com a direção de voo (N-S), obteve-se uma condição ótima para a extração dos cursos d'água consequentes. Os demais detalhes da rede hidrográfica foram também observados nos mosaicos radargramétricos, sendo complementados com imagens MSS (canal 7) em papel preto e branco, na escala 1:250.000, obtidas em 07.08.75, as quais correspondem às referências 290-13, 290-14 e 290-15 no sistema brasileiro (SRB). Esta foi a única passagem da órbita 290 que não apresentou cobertura de nuvens. Vale mencionar que, tendo em vista a densa e homogênea cobertura vegetal da área de estudo, as imagens MSS não assumiram um papel importante na extração da drenagem, porque seu principal parâmetro de análise são os atributos espectrais das cenas.

Na opinião de Rivereau (1972), a despeito de constituir-se numa operação lenta, a extração da rede de drenagem funciona como um reconhecimento preliminar do terreno, em que certos aspectos são guardados na mente do fotointerprete. Segundo este autor, o resultado da interpretação posterior depende fundamentalmente da precisão do desenho inicial, devendo, portanto, os menores detalhes ser meticulosamente observados e transcritos, uma vez que poderão se tornar importantes sob o ponto de vista da fotointerpretação. Ele afirma ainda que antes de desprezar qualquer detalhe é sempre conveniente testá-lo, de modo que se possa aquilar seu valor.

No presente trabalho, a seleção de densidade do traçado da drenagem foi realizada de modo a permitir que as anomalias morfoestruturais fossem claramente destacadas do conjunto geral da hidrografia. Houve, entretanto, a preocupação de manter o grau de detalhe necessário para a classificação das formas anelares, assimétricas e radiais de drenagem segundo as categorias de estruturação propostas por Soares et alii (1981). Além disso, procurou-se representar a configuração dos cursos d'água o mais fielmente possível, com o intuito de não prejudicar a determinação de sua intensidade de estruturação (conforme Soares et alii, 1981). A este respeito, cabe registrar que as pequenas escalas das imagens MSS e de RADAR não constituíram uma limitação para a extração da rede hidrográfica. Com efeito, Soares e Fiori (1976) afirmaram que, para fotografias aéreas, a informação geológica pode ser mais rapidamente obtida sobre mapas reduzidos de 2 a 4 (duas a quatro) vezes a partir do traçado original da drenagem, perfeitamente compatíveis com as escalas dos produtos de sensoriamento remoto acima mencionados.

Muitos problemas foram encontrados na área de estudo, com respeito à plena adoção do procedimento recomendado por Rivereau (1972). De fato, a inexistência de uma documentação cartográfica confiável dificultou sobremaneira a extração detalhada e precisa da drenagem, em alguns locais, em face das limitações das imagens utilizadas e das condições ambientais desfavoráveis. Nas faixas correspondentes às formações Itaituba e Nova Olinda, a presença de anidritas e calcários propiciou o

desenvolvimento de solos espessos e de terrenos alagadiços, dificultando com isso o traçado dos cursos d'água. Esta situação é particularmente crítica ao norte da área de estudo, na região do rio Mamiá (folha SA.21-X-D), onde a delinearão da rede hidrográfica só foi possível com o auxílio de fotografias aéreas verticais na escala 1:100.000. Neste local, os rios possuem um caráter marcatamente inseqüente. No flanco sul, nas áreas de ocorrência da formação Alter do Chão, as superfícies tabulares erosivas plio-pleistocénicas, correspondentes ao Planalto Tapajós-Xingu, apresentaram baixíssima densidade de drenagem. A sudeste de Santarém, ainda em terrenos terciários, as feições culturais dificultaram o traçado preciso da rede de drenagem, tendo sido valioso o emprego de imagens MSS no canal 7. Identificou-se, assim, com base nos níveis decinza relativamente mais baixos, zonas úmidas e desmatadas associadas a vales fluviais.

3.1.2 - IDENTIFICAÇÃO DE FORMAS ANÔMALAS DA REDE DE DRENAGEM

Na análise da rede de drenagem, podem-se obter importantes informações através da observação de certas formas anômalas, que caracterizam mudança no padrão geral da hidrografia. Tais feições têm sido correntemente utilizados como elementos exploratórios em estudos geomorfológicos que visam a prospecção de hidrocarbonetos. Nestas pesquisas, dá-se ênfase principalmente às formas radiais e anelares, as quais possuem freqüentemente boa expressão em fotografias aéreas ou em cartas topográficas. Com efeito, a forma anelar é caracterizada pela disposição curvilínea e aproximadamente concêntrica de um ou mais cursos d'água associados. Por sua vez, a forma radial é representada por rios que se irradiam do topo da anomalia morfoestrutural para no mínimo três quadrantes, com hierarquia fluvial comumente de primeira ou segunda ordem.

Além das formas anômalas acima mencionadas, muitas outras são referidas na literatura como, por exemplo, súbitos meandramentos em determinados trechos de um curso d'água, indicando a presença de dobramentos apertados (Lattman, 1959). No entanto, em bacias sedimentares intracratônicas, onde não há evidências marcantes de dobramentos em superfície, as atenções devem-se restringir às formas anelares e radiais. Em tal si-

tuação, é igualmente conveniente observar a assimetria da rede hidrográfica, que é evidenciada pela disposição perpendicular e assimétrica de seus elementos em relação a um eixo (definido por uma drenagem coletora). Assim como as configurações anelares e radiais, esta feição anômalia também pode ter conotação estrutural. Soares et alii (1981) consideraram particularmente interessante para a exploração petrolífera o arranjo simultâneo das formas anelares, radiais e assimétricas, por eles denominado *anomalia morfoestrutural*.

Existem ainda padrões anômalos da rede hidrográfica caracterizados principalmente pela retilinidade dos cursos d'água. Na conceituação de Soares e Fiori (1976), tais elementos retilíneos de drenagem são individualmente denominados *lineações de drenagem*, enquanto a disposição em linha reta destas lineações constitui o *alinhamento de drenagem*.

3.2 - INTERPRETAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DA REDE DE DRENAGEM

3.2.1 - CRITÉRIOS DE INTERPRETAÇÃO

Nesta fase do trabalho inferiu-se o significado geológico das formas anômalas de drenagem e dos arranjos formados por diferentes combinações entre elas. Realizou-se toda a fotointerpretação no mapa de drenagem retirado das imagens de sensoriamento remoto. Entretanto, caso se queira dirimir alguma dúvida no decorrer do estudo, é necessário voltar às imagens para fazê-lo. Deste modo, uma drenagem assimétrica é considerada como indicativa da ocorrência de estratos não-horizontalizados, cujo sentido de mergulho é dado pela direção dos cursos mais longos, que deste modo comportam-se como rios consequentes. Em algumas porções da área estudada, principalmente nas faixas de rochas paleozóicas, um fraturamento intenso impossibilitou o reconhecimento preciso das formas assimétricas, que são importantes na definição dos sentidos do mergulho. Neste caso, recorreu-se aos mapeamentos previamente realizados na região, o que tornou possível, em alguns locais, a determinação segura das atitudes dos estratos e a extração desta informação para as áreas vizinhas.

Por outro lado, a linha de drenagem coletora, em relação à qual se verifica a assimetria, é interpretada como indicativa do traço de acamamento, possuindo, assim, um caráter subsequente. Do mesmo modo, a forma anelar é controlada pelo traço de acamamento. Sua disposição curvilínea reflete uma flexão das camadas sedimentares, configurando uma perturbação estrutural. A forma radial constitui-se na expressão geral do mergulho das camadas. Atribui-se aos alinhamentos de drenagem uma associação com falhas ou quaisquer outras descontinuidades retilíneas.

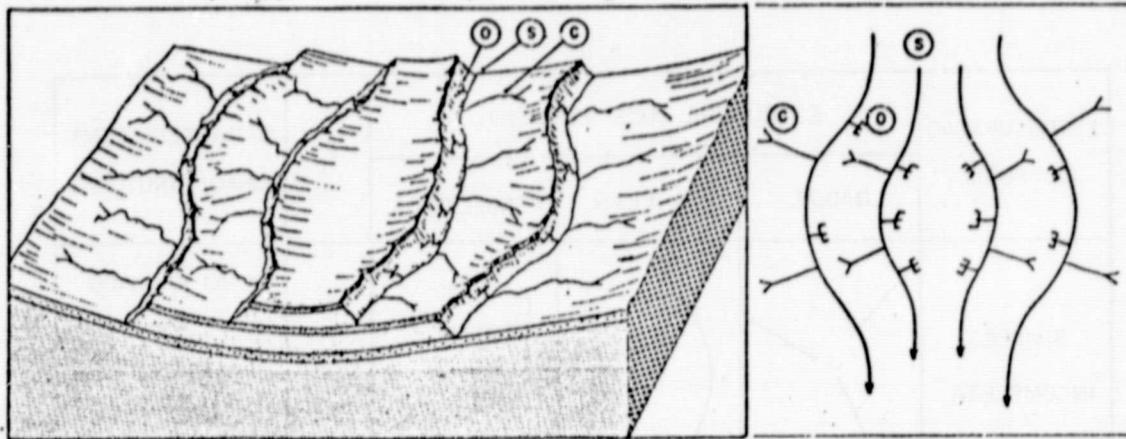
Conforme o exposto na Seção 3.1.2, Soares et alii (1981) consideraram as feições denominadas *anomalias morfoestruturais* muito importantes no contexto da prospecção de hidrocarbonetos. Nos modelos propostos, as anomalias morfoestruturais são constituídas pelo arranjo simultâneo de formas anelares, radiais e assimétricas de drenagem, sendo representativas do condicionamento da rede hidrográfica por estruturas em subsuperfície. Tais estruturas caracterizam-se por flexuras anelares ou elípticas nas camadas, associadas a mergulhos divergentes (domos) ou convergentes (depressões estruturais), conforme a Figura 3.1. Segundo Soares et alii (1981), a exigência da simultaneidade justifica-se pelo fato de que as formas anelares, radiais e assimétricas, quando isoladas, podem expressar, respectivamente, o controle exercido por um obstáculo litológico, um morro testemunho ou uma flexura monoclinal. Assim sendo, com base nos conceitos acima formulados, procedeu-se neste estudo à detecção das formas anômalas de drenagem, procurando destacar as anomalias morfoestruturais.

Com o intuito de caracterizar as anomalias morfoestruturais de um modo não-subjetivo, Soares et alii (1981) definiram dois parâmetros quantitativos que relacionam estas feições aos modelos ideais por eles estabelecidos: o fator de similaridade (F_2) e o fator de confiabilidade (F_1). O fator de similaridade (F_2) é uma medida da organização espacial dos elementos de drenagem da anomalia morfoestrutural, em relação aos modelos da Figura 4.1. O fator de confiabilidade (F_1) indica a intensidade de estruturação dos elementos texturais que compõem a anomalia morfoestrutural em apreço. O fator (F_1) dá uma idéia do grau de segurança com que o sentido do mergulho e o traço de acamamento são inferidos por meio da configuração da drenagem.

DEPRESSÃO ESTRUTURAL

(BAIXO ESTRUTURAL)

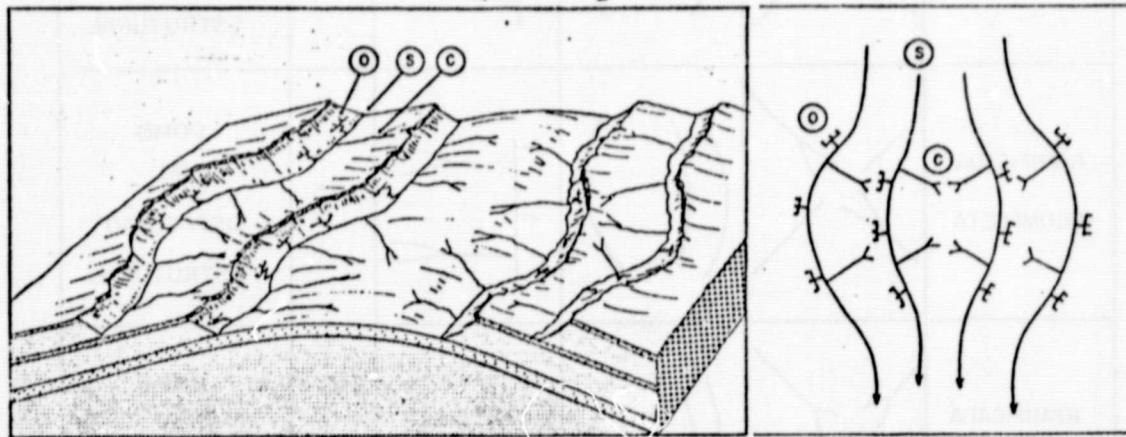
$$F_1 = 1,00 \quad F_2 = 1,00$$



ESTRUTURA DÔMICA

(ALTO ESTRUTURAL)

$$F_1 = 1,00 \quad F_2 = 1,00$$



(S) DRENAGEM SUBSEQUENTE

(C) DRENAGEM CONSEQUENTE | (O) DRENAGEM OBSEQUENTE

Fig. 3.1 - Modelos de domos e depressões estruturais.

A caracterização de uma anomalia morfoestrutural, segundo o fator de similaridade (F_2), é o resultado da classificação das formas anelares, assimétricas e radiais que a compõem em 4 (quatro) categorias de estruturação (Figura 3.2): simples incompleta ($F_2 = 0,25$), simples completa ($F_2 = 0,50$), ramificada incompleta ($F_2 = 0,75$) e ramificada completa ($F_2 = 1,00$).

ESTRUTURAÇÃO DA FORMA	ESTRUTURA DOS ELEMENTOS			F_2	CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
	RADIAL	ANELAR	ASSIMÉTRICA		
SIMPLES INCOMPLETA				0,25	DOMO FALHADO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL FALHADA
SIMPLES COMPLETA				0,50	DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL
RAMIFICADA INCOMPLETA				0,75	DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL
RAMIFICADA COMPLETA				1,00	DOMO OU DEPRESSÃO ESTRUTURAL
F_2 - FATOR DE SIMILARIDADE					

Fig. 3.2 - Classificação das formas anômalas, modificado de Soares et alii (1981).

O valor total do fator de similaridade (F_2) para uma anomalia morfoestrutural é determinado pelo produto dos valores estimados, independentemente, para cada forma anelar, assimétrica e radial. Este número é correlacionado com a probabilidade de que a anomalia morfoestrutural seja condicionada a uma estrutura geológica. Deve-se notar que o fator F_2 para os modelos da Figura 3.1 toma o valor máximo ($F_2 = 1,00$), a despeito da estruturação indicar um domo ou uma depressão estrutural.

No entender de Soares et alii (1981), uma anomalia morfoestrutural pode ser constituída por formas assimétricas, radiais e por um único ramo anelar ($F_2 = 0,25$, ou seja, uma estruturação simples incompleta para a forma anelar). Entretanto, na área de estudo, encontram-se ramos curvos isolados de drenagem associados somente a formas assimétricas, havendo dificuldade de reconhecer drenagem radial naqueles locais. Como exceção, existem três casos onde o único ramo anelar existente apresentou um fechamento contra um alinhamento de drenagem, conservando-se igualmente bem caracterizadas as formas assimétrica e radial. Tal associação de elementos parece representar uma depressão ou um domo interceptados por falhamentos, de acordo com o bloco diagrama da Figura 3.3. Os demais exemplos de drenagem anelar isolada em associação com formas assimétricas foram interpretados como reflexos da variação do valor do mergulho das camadas no mesmo sentido do cimento regional, configurando flexuras monoclinais.

A intensidade de estruturação dos cursos d'água que compõem as anomalias morfoestruturais é dada pelo fator de confiabilidade (F_1), cujo valor numérico é obtido através da comparação do traçado dos elementos texturais com o traçado de padrões previamente estabelecidos (Soares et alii, 1981), os quais se encontram ilustrados nas Figuras 3.4 e 3.5. O valor numérico do fator de confiabilidade (F_1) é expresso em cinco níveis de intensidade de estruturação (ver Figuras 3.4 e 3.5):

- muito fraca ($F_1 = 0,2$),
- fraca ($F_1 = 0,4$),
- moderada ($F_1 = 0,6$),
- forte ($F_1 = 0,8$),
- muito forte ($F_1 = 1,0$).

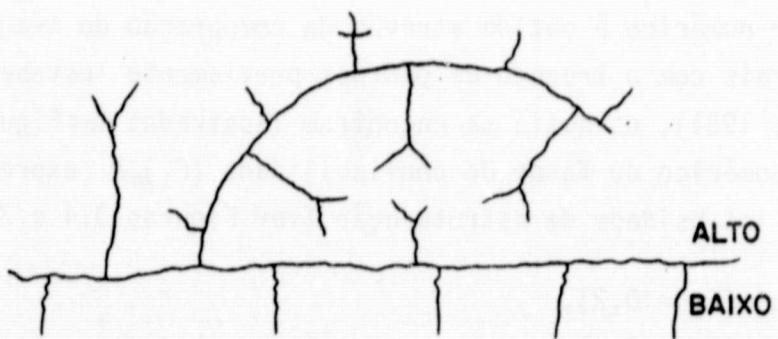
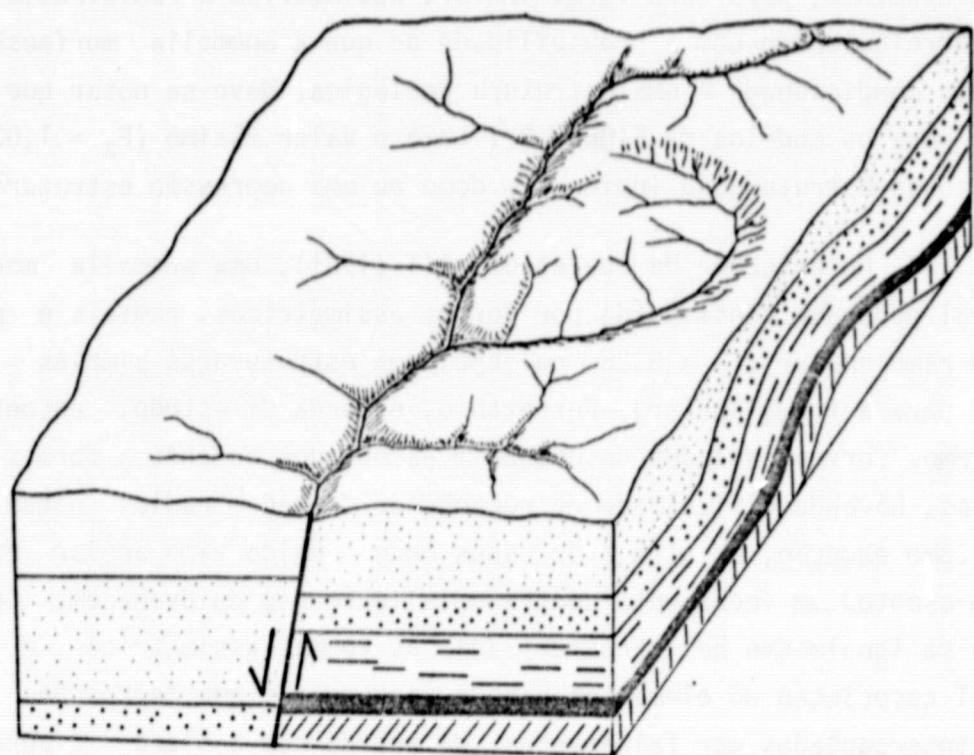


Fig. 3.3 - Modelo de domo falhado, com a presença de forma radial de drenagem.

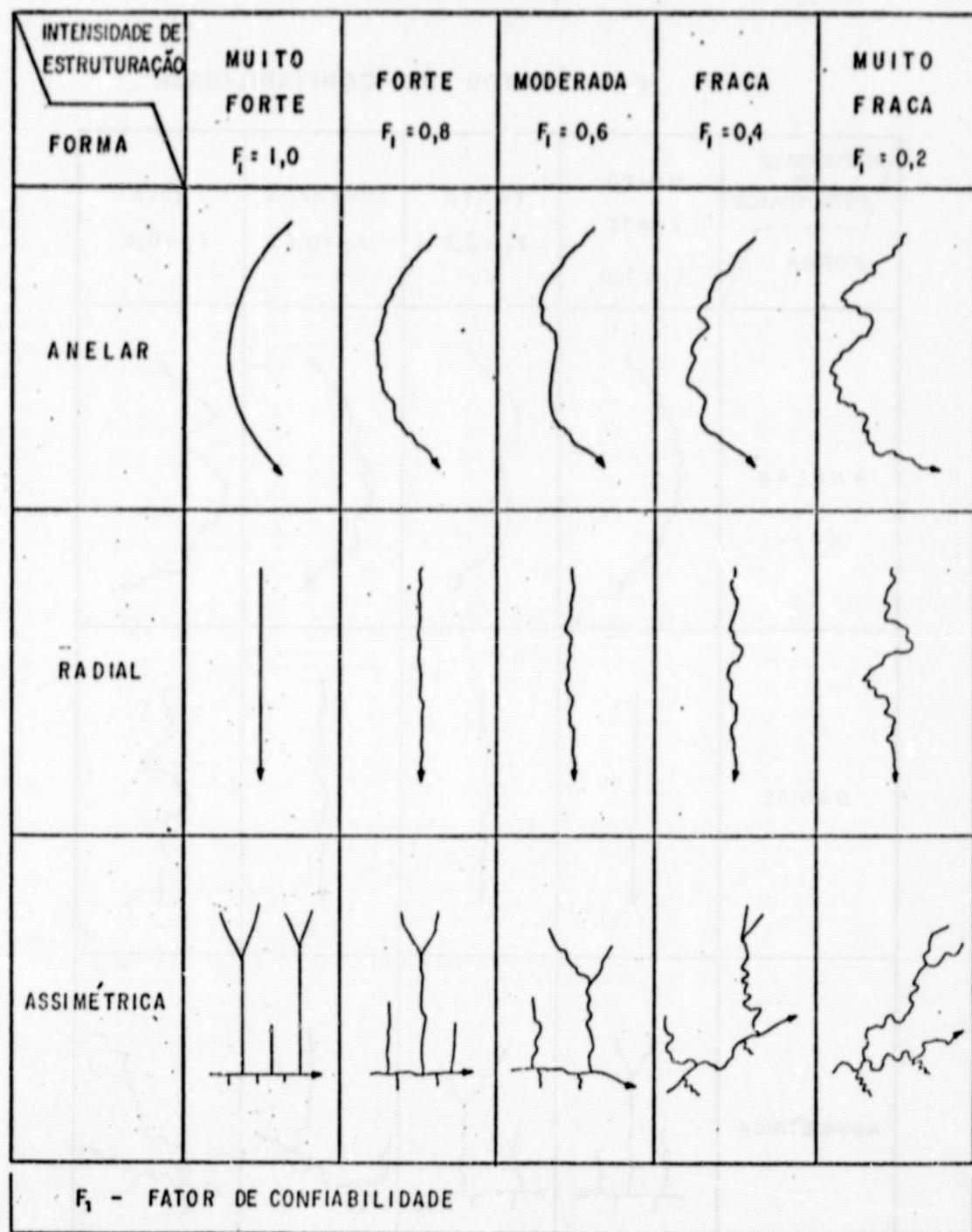


Fig. 3.4 - Análise de intensidade de estruturação para formas de drenagem desenvolvidas em sedimentos da formação Alter do Chão.

FONTE: Soares et alii (1981).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

F_1 — FATOR DE CONFIABILIDADE

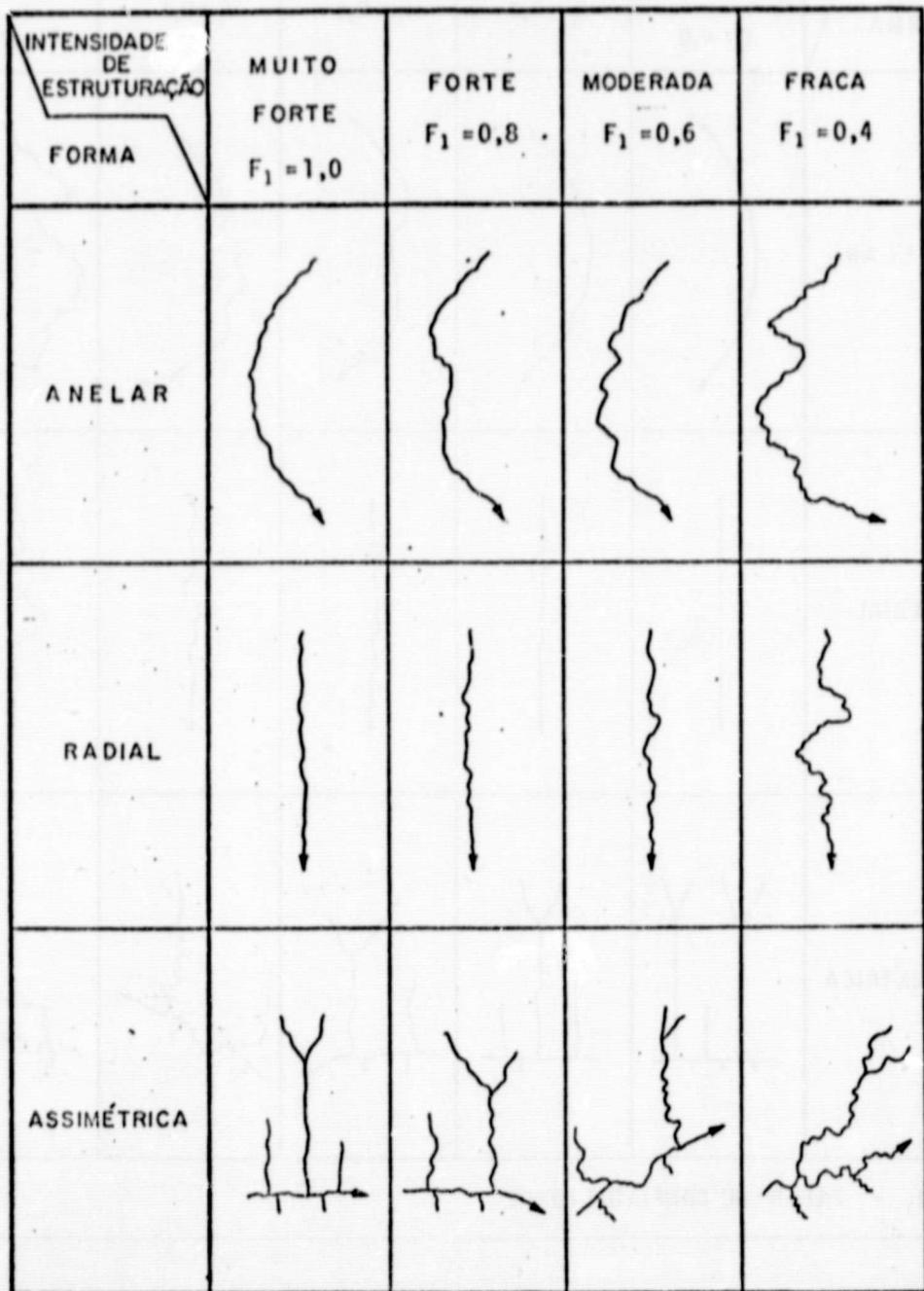


Fig. 3.5 - Análise de intensidade de estruturação para formas de drenagem desenvolvidas em rochas paleozóicas na bacia do Amazonas.

Valores intermediários (0,3; 0,5; 0,7; 0,9) também podem ser atribuídos, de acordo com o julgamento do intérprete.

Na determinação do fator (F_1) para a forma anelar, o parâmetro observado é o grau de curvatura dos elementos texturais. Neste caso, o valor de (F_1) reflete a segurança com que se interpreta esta forma como indicadora do traço de acamamento. As propriedades observadas na análise da intensidade de estruturação das formas assimétricas eradias são: a retilinidade, a angularidade de confluência e a extensão dos curros d'água.

O valor do fator de confiabilidade (F_1) para a anomalia morfoestrutural como um todo é expresso pela média aritmética dos valores obtidos para cada uma das formas anômalas de drenagem. O fator (F_1) toma o valor máximo de confiabilidade ($F_1 = 1,00$) nos modelos estruturais apresentados na Figura 3.1.

A definição dos padrões para a determinação do valor do fator (F_1) foi realizada levando em consideração a ocorrência de duas situações distintas na área de estudo: as anomalias morfoestruturais que se desenvolvem na faixa de afloramentos paleozóicos apresentam-se intensamente fraturadas, enquanto aquelas instaladas nos depósitos tabulares e homogêneos da formação Alter do Chão mostram uma incidência bem menor de fraturas. Vale lembrar que o domo de Monte Alegre enquadra-se no primeiro caso, sendo possível constatar-se em seus flancos amplas exposições de rochas paleozóicas. Esta feição imprime um forte controle tanto no relevo (flancos cuestiformes circundando toda a estrutura, exceto no quadrante SE, sendo claramente distinguíveis nas imagens), quanto na drenagem (estruturação ramificada completa para as formas anelar e radial; assimetria ramificada incompleta).

Tendo em vista que o fator (F_1) dá uma idéia do grau de segurança com que o traço de acamamento e o sentido do mergulho são inferidos a partir da rede hidrográfica, é razoável admitir que as formas presentes no domo de Monte Alegre possuam, em sua maioria, alta confia-

bilidade. No entanto, de acordo com o padrão apresentado na Figura 3.4, proposto por Soares et alii (1981) para qualquer circunstância geológica, tais formas de drenagem exibem intensidade de estruturação apenas moderada. Este fato pode ser explicado pela interferência do fraturamento no traçado da rede hidrográfica (por exemplo, no grau de curvatura dos ramos anelares), o que tende a reduzir o valor do fator F_1 . Além disso, não parece coerente considerar as formas de drenagem fortemente estruturadas, desenvolvidas na formação Alter do Chão, com confiabilidade superior à dos elementos texturais do domo de Monte Alegre, unicamente em razão da menor incidência de fraturas na unidade terciária. Julgou-se conveniente, portanto, estabelecer uma distinção entre os padrões de confiabilidade para a análise da intensidade de estruturação das anomalias morfoestruturais. Assim, o padrão apresentado na Figura 3.4 diz respeito, neste trabalho, às anomalias que ocorrem sobre a cobertura detritica Alter do Chão, enquanto o apresentado na Figura 3.5 refere-se àquelas anomalias instaladas nas rochas paleozóicas. O padrão concernente às formas de drenagem com intensidade de estruturação muito forte ($F_1 = 1,0$), na Figura 3.5, corresponde ao padrão com forte estruturação ($F_1 = 0,8$) na Figura 3.4.

Foi ainda observado um tipo particular de anomalia morfoestrutural, que é constituído por no mínimo dois ramos curvos e convergentes de drenagem, possuindo afluentes com disposição assimétrica, sem associação com formas radiais. Esta anomalia que integra um contexto estrutural mais amplo pode estar associada a um bloco basculado, caso em que ocorre dissimetria na distribuição dos cursos d'água de maior porte, conforme ilustrado na Figura 3.6. A determinação do fator de similaridade (F_2) para este tipo de feição anômala é efetuada com base nos seguintes parâmetros: estruturação das formas de drenagem, já discutida, e hierarquia fluvial.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

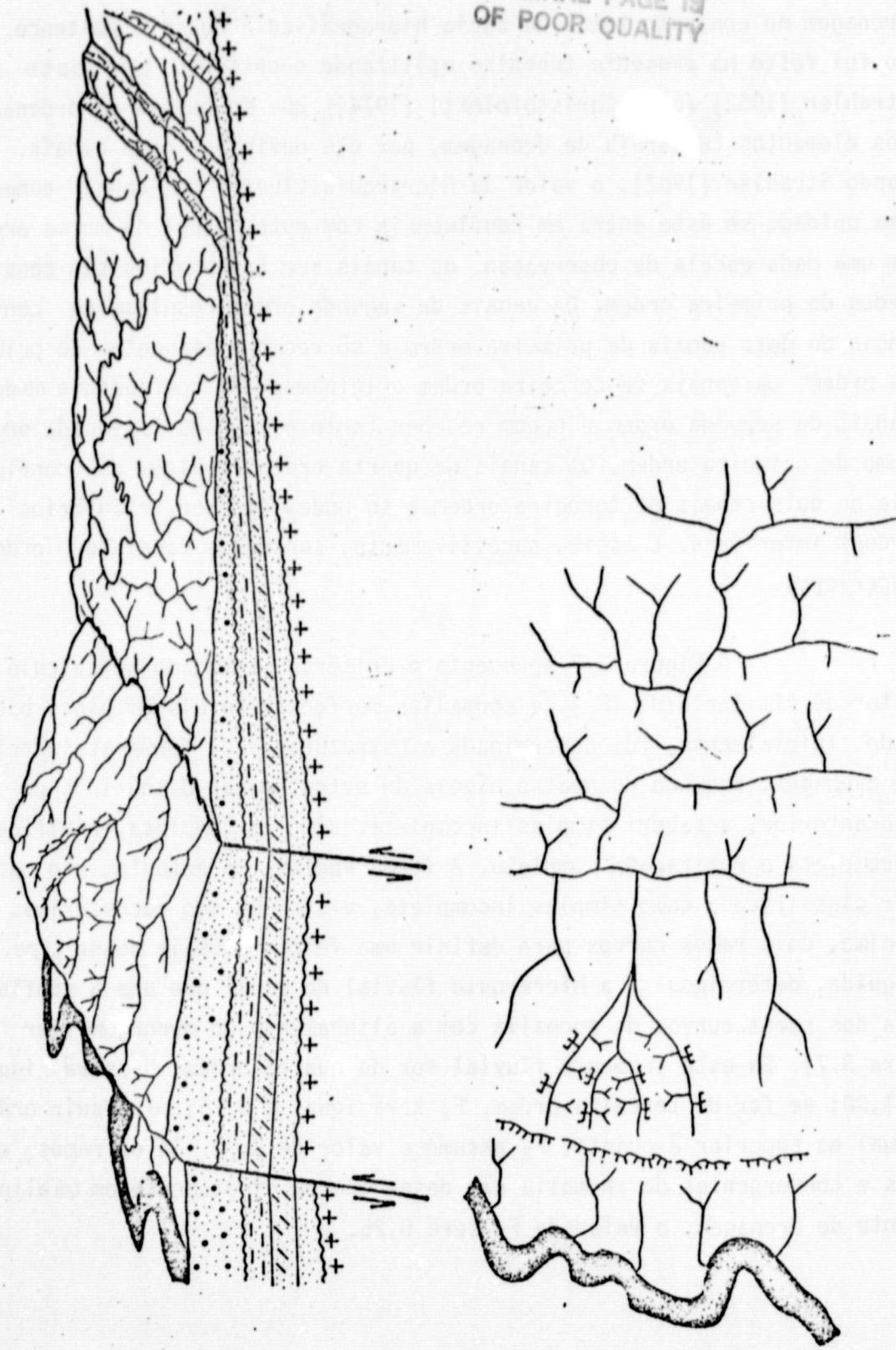


Fig. 3.6 - Modelo de anomalia morfoestrutural em bloco basculado, forma radial de drenagem ausente.

A hierarquia fluvial, na opinião de Christofoletti (1974), consiste no processo de estabelecer a classificação de um elemento de drenagem no conjunto total da bacia hidrográfica a que ele pertence. Isso foi feito no presente trabalho utilizando o critério proposto por Strahler (1952) (apud Christofoletti (1974)), que se baseia na ordenação dos elementos texturais de drenagem, por ele definidos como canais. Segundo Strahler (1952), o valor da hierarquia fluvial no canal aumenta uma unidade se este entra em confluência com outro canal da mesma ordem. Em uma dada escala de observação, os canais sem tributários são considerados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem resultam da confluência de dois canais de primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem e podem receber tanto afluentes de segunda ordem como de primeira ordem. Os canais de quarta ordem resultam da confluência de dois canais de terceira ordem e só podem receber tributários de ordens inferiores. E assim, sucessivamente, surgem os canais de ordens superiores.

A Figura 3.7 apresenta o critério empregado no cálculo do fator de similaridade (F_2) de anomalias morfoestruturais em bloco basculado. Inicialmente, foi determinada a estruturação da forma assimétrica de drenagem, segundo os quatro níveis de estruturação discutidos na seção anterior, a saber: simples incompleta, simples completa, ramificada incompleta e ramificada completa. A forma anelar, no entanto, não pode ser classificada como simples incompleta, visto que são necessários, no mínimo, dois ramos curvos para definir uma feição anômala desse tipo. Em seguida, determinou-se a hierarquia fluvial do canal que une a confluência dos ramos curvos da anomalia com o alinhamento de drenagem (ver Figura 3.7). Se este segmento fluvial for de quarta ordem, F_2 será igual a 1,00; se for de terceira ordem, F_2 será igual a 0,75; se possuir ordem igual ou superior à quinta, F_2 assume o valor de 0,50. Se os ramos curvos e convergentes da anomalia não desembocarem diretamente em um alinhamento de drenagem, o valor de F_2 será 0,25.

ESTRUTURAÇÃO DA FORMA	ESTRUTURA DOS ELEMENTOS		F_2	HIERARQUIA FLUVIAL* DO ELEMENTO TEXTURAL DE DRENAGEM QUE LIGA A CONFLUÊNCIA DOS RAMOS ANELARES AO ALINHAMENTO DE DRENAGEM
	ASSIMÉTRICA	ANELAR		
SIMPLES INCOMPLETA			0,25	Nenhuma associação c/alinhamento de drenagem
SIMPLES COMPLETA			0,50	
RAMIFICADA INCOMPLETA			0,75	
RAMIFICADA COMPLETA			1,00	

* No sentido utilizado por Strahler (Christofoletti, 1974).

Fig. 3.7 - Fator de similaridade (F_2) para anomalias morfoestruturais em bloco basculado.

O valor total de F_1 para a anomalia morfoestrutural é calculado através do produto:

$$F_2_{\text{total}} = (F_2_{\text{anelar}}) \cdot (F_2_{\text{assimétrica}}) \cdot (F_2_{\text{hierarquia fluvial}}).$$

O valor total do fator de confiabilidade (F_1) da anomalia é dado pela média aritmética dos valores de F_1 para as formas anelar e assimétrica, com base nas Figuras 3.4 e 3.5.

Por conseguinte, uma determinada anomalia morfoestrutural pode ser caracterizada por um conjunto de valores quantitativos, denominado *indicador da anomalia*, com a seguinte disposição:

$$N = F_2/F_1 ,$$

onde:

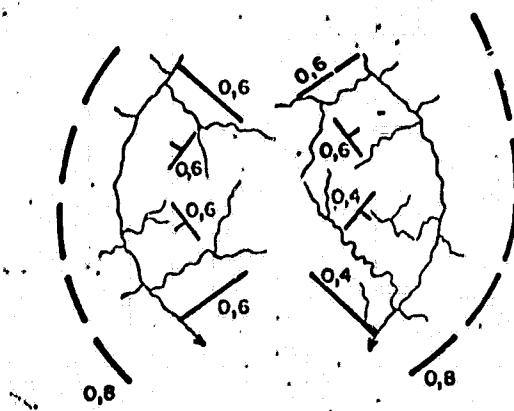
N - expressa o número arbitrário que designa a anomalia do mapa,

F_2 - expressa o valor do fator de similaridade (F_2),

F_1 - expressa o valor do fator de confiabilidade (F_1).

A Figura 3.8 ilustra um exemplo do cálculo dos valores de F_1 e F_2 para uma anomalia morfoestrutural desenvolvida na formação Alter do Chão. Calculou-se o fator de similaridade (F_2) com o auxílio da Figura 3.2 e obteve-se o valor $F_2 = 0,38$. Isto significa que a probabilidade de que a anomalia seja condicionada por uma estrutura geológica (um domo) é de 38% (trinta e oito por cento), tendo em vista o modelo apresentado na Figura 3.1. Os padrões utilizados no cômputo do fator de confiabilidade (F_1) encontram-se expostos na Figura 3.4. O valor de F_1 para a anomalia como um todo ($F_1 = 0,63$) foi alcançado através da média aritmética dos valores correspondentes a cada uma das formas anômalas de drenagem que a constituem. Por outro lado, o indicador da anomalia é dado por $1 - 0,38/0,63$, onde 1 é um valor arbitrário de identificação.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY



$$F_{2\text{total}} = (F_2 \text{ anelar})(F_2 \text{ assimétrica})(F_2 \text{ radial}) = (0,50)(0,75)(1,00) = 0,38$$

$$F_1 \text{ anelar} = (0,8 + 0,8)/2 = 0,80$$

$$F_1 \text{ assimétrica} = (0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,4)/4 = 0,55 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} F_1 \text{ total} = (F_1 \text{ anelar} + F_1 \text{ assimétrica} +$$

$$F_1 \text{ radial} = (0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,4)/4 = 0,55 \quad F_1 \text{ radial})/3 = (0,80 + 0,55 + 0,55)/3 =$$

$$= 0,63$$

$$\text{INDICADOR DA ANOMALIA - } N - F_2 / F_1 = 1 - 0,38 / 0,63$$

Fig. 3.8 - Exemplo do cálculo F_1 e F_2 para uma anomalia morfoestrutural desenvolvida na formação Alter do Chão.

3.2.2 - CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS

Cerca de trinta anomalias morfoestruturais foram identificadas e analisadas nas folhas Aveiro (SA.21-Z-D), Santarém (SA.21-Z-B) e Alenquer (SA.21-X-D). Os valores de seus fatores de similaridade (F_2) estão expostos nas Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3. Os cálculos referentes à determinação do fator de confiabilidade (F_1) são mostrados nas Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6. As Tabelas 3.7, 3.8 e 3.9 sintetizam os resultados obtidos na fotointerpretação, que se apresentam na seguinte ordem:

- número arbitrário de identificação da anomalia morfoestrutural;
- designação geográfica da anomalia morfoestrutural;
- indicador da anomalia ($N = F_2/F_1$);
- litologia constituinte dos terrenos sedimentares nos quais as anomalias morfoestruturais estão instaladas;
- intensidade de estruturação das formas de drenagem que constituem as anomalias morfoestruturais, estabelecida a partir dos valores do fator de confiabilidade (F_1), como explicitado abaixo:
 - muito fraca $F_1 \leq 0,34$,
 - fraca $0,35 \leq F_1 \leq 0,54$,
 - moderada $0,55 \leq F_1 \leq 0,74$,
 - forte $0,75 \leq F_1 \leq 0,84$,
 - muito forte $0,85 \leq F_1 \leq 1,00$;
- caracterização morfoestrutural das anomalias, fundamentada nos modelos estruturais propostos nas Figuras 3.1, 3.3 e 3.6.

TABELA 3.1

CÁLCULO DO FATOR DE SIMILARIDADE (F_2) - FOLHA AVEIRO (SA.21-Z-D)

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	ESTRUTURA DOS ELEMENTOS TEXTURAIS DE DRENAGEM			FATOR DE SIMILARIDADE (F_2)	TOTAL
	ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL		
01	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,25)(0,50)(0,50) \rightarrow F_2 = 0,06$	
02	0,50	0,75	0,75	$F_2 = (0,50)(0,75)(0,75) \rightarrow F_2 = 0,28$	
03	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
04	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
05	0,75	0,50	0,25	$F_2 = (0,75)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,09$	
06	0,50	0,25	0,25	$F_2 = (0,50)(0,25)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,03$	
07	0,50	0,25	0,25	$F_2 = (0,50)(0,25)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,03$	
08	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
09	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
10	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
11	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
12	0,50	0,50	0,50	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,50) \rightarrow F_2 = 0,13$	

TABELA 3.2

CÁLCULO DO FATOR DE SIMILARIDADE (F_2) - FOLHA SANTAREM (SA.21-Z-B)

- 68 -

NÚMERO DA ANOMALIA	ESTRUTURA DOS ELEMENTOS TEXTURAIS DE DRENAGEM				FATOR DE SIMILARIDADE (F_2)
	MORFOESTRUTURAL	ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
13	0,25	0,50	0,25	-	$F_2 = (0,25)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,03$
14	0,25	0,50	0,25	-	$F_2 = (0,25)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,03$
15	0,50	0,50	0,25	-	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$
16	0,50	0,50	0,50	-	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,50) \rightarrow F_2 = 0,13$
17	0,50	0,50	0,75	-	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,75) \rightarrow F_2 = 0,19$
18	0,50	0,50	0,50	-	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,50) \rightarrow F_2 = 0,13$
19	0,50	0,50	-	1,00	$F_2 = (0,50)(0,50)(1,00) \rightarrow F_2 = 0,25$
20	0,50	0,75	0,25	-	$F_2 = (0,50)(0,75)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,09$
21	0,50	0,50	0,25	-	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$
22	0,75	0,25	0,25	-	$F_2 = (0,75)(0,25)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,05$

TABELA 3.3

CÁLCULO DO FATOR DE SIMILARIDADE (F_2) - FOLHA ALENQUER (SA.21-X-D)

NÚMERO DA ANGULADA MORFOESTRUTURAL	ESTRUTURA DOS ELEMENTOS TEXTURAIS DE DRENAGEM			FATOR DE SIMILARIDADE (F_2)	TOTAL
	ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL		
23	1,00	0,75	1,00	$F_2 = (1,00)(0,75)(1,00) \rightarrow F_2 = 0,75$	
24	0,25	0,50	0,25	$F_2 = (0,25)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,03$	
25	0,50	0,75	0,50	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,75) \rightarrow F_2 = 0,19$	
26	0,50	0,75	0,25	$F_2 = (0,50)(0,75)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,09$	
27	0,50	0,50	0,50	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,50) \rightarrow F_2 = 0,13$	
28	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
29	0,50	0,50	0,25	$F_2 = (0,50)(0,50)(0,25) \rightarrow F_2 = 0,06$	
30	0,50	0,75	0,75	$F_2 = (0,50)(0,75)(0,75) \rightarrow F_2 = 0,28$	

TABELA 3.4

CÁLCULO DO FATOR DE CONFIABILIDADE (F_1) - FOLHA AVEIRO (SA.21-Z-D)

- 70 -

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	F_1 FORMA ANELAR	F_1 FORMA RADIAL	F_1 FORMA ASSIMÉTRICA	F_1 TOTAL
01	$(0,6 + 0,5)/2 = 0,55$	$(0,6 + 0,4 + 0,5)/3 = 0,50$	$(0,6 + 0,4 + 0,5)/3 = 0,50$	$(0,55 + 0,50 + 0,50)/3 = 0,52$
02	$(0,9 + 0,7)/2 = 0,80$	$(0,4 + 0,6 + 0,7 + 0,3)/4 = 0,50$	$(0,4 + 0,7 + 0,6 + 0,3)/4 = 0,63$	$(0,80 + 0,50 + 0,63)/3 = 0,64$
03	$(0,5 + 0,3)/2 = 0,40$	$(0,2 + 0,5 + 0,7)/3 = 0,47$	$(0,5 + 0,6)/2 = 0,55$	$(0,40 + 0,47 + 0,55)/3 = 0,47$
04	$(0,7 + 0,4)/2 = 0,55$	$(0,6 + 0,4 + 0,6)/3 = 0,53$	$(0,5 + 0,6 + 0,6)/3 = 0,57$	$(0,55 + 0,53 + 0,57)/3 = 0,55$
05	$(0,7 + 0,3 + 0,4)/3 = 0,47$	$(0,4 + 0,6 + 0,6)/3 = 0,53$	$(0,6 + 0,6 + 0,6 + 0,6)/4 = 0,60$	$(0,47 + 0,53 + 0,60)/3 = 0,53$
06	$(0,3 + 0,4)/2 = 0,35$	$(0,4 + 0,4 + 0,3)/3 = 0,37$	$(0,4 + 0,4 + 0,4)/3 = 0,40$	$(0,35 + 0,37 + 0,40)/3 = 0,37$
07	$(0,2 + 0,2)/2 = 0,20$	$(0,5 + 0,4 + 0,5)/3 = 0,47$	$(0,5 + 0,4 + 0,6)/3 = 0,50$	$(0,20 + 0,47 + 0,50)/3 = 0,39$
08	$(0,4 + 0,3)/2 = 0,35$	$(0,7 + 0,6 + 0,5)/3 = 0,60$	$(0,7 + 0,7 + 0,6 + 0,5)/4 = 0,63$	$(0,35 + 0,60 + 0,63)/3 = 0,53$
09	$(0,5 + 0,4)/2 = 0,45$	$(0,6 + 0,6 + 0,3)/3 = 0,50$	$(0,7 + 0,5)/2 = 0,60$	$(0,45 + 0,50 + 0,60)/3 = 0,52$
10	$(0,7 + 0,3)/2 = 0,50$	$(0,7 + 0,6 + 0,3)/3 = 0,53$	$(0,8 + 0,4)/2 = 0,60$	$(0,50 + 0,53 + 0,60)/3 = 0,54$
11	$(0,3 + 0,2)/2 = 0,25$	$(0,5 + 0,4 + 0,4)/3 = 0,43$	$(0,6 + 0,6 + 0,6)/3 = 0,60$	$(0,25 + 0,43 + 0,60)/3 = 0,43$
12	$(0,7 + 0,7)/2 = 0,70$	$(0,7 + 0,6 + 0,6 + 0,2)/4 = 0,53$	$(0,7 + 0,7 + 0,6 + 0,5)/4 = 0,63$	$(0,70 + 0,53 + 0,63)/3 = 0,62$

TABELA 3.5

CALCULO DO FATOR DE CONFIABILIDADE (F_1) - FOLHA SANTAREM (SA. 21-Z-B)

NÚMERO DA MORFOESTRUTURAL ANOMALIA	F_1 FORMA ANELAR	F_1 FORMA RADIAL	F_1 FORMA ASSIMÉTRICA	F_1 TOTAL
13	(0,6)/1 = 0,60	(0,7 + 0,5 + 0,3)/3 = 0,50	(0,7 + 0,5 + 0,4)/3 = 0,53	(0,60 + 0,50 + 0,53)/3 = 0,54
14	(0,8)/1 = 0,80	(0,5 + 0,5 + 0,3)/3 = 0,43	(0,8 + 0,5 + 0,5)/3 = 0,60	(0,80 + 0,43 + 0,60)/3 = 0,61
15	(0,4 + 0,6)/2 = 0,50	(0,5 + 0,3 + 0,3)/3 = 0,37	(0,6 + 0,6 + 0,5 + 0,4)/4 = 0,53	(0,50 + 0,37 + 0,53)/3 = 0,47
16	(0,9 + 0,5)/2 = 0,70	(0,7 + 0,6 + 0,3 + 0,3)/4 = 0,45	(0,6 + 0,6 + 0,5)/3 = 0,57	(0,70 + 0,45 + 0,57)/3 = 0,58
17	(0,9 + 0,9)/2 = 0,90	(0,5 + 0,5 + 0,4 + 0,3)/4 = 0,43	(0,6 + 0,4 + 0,4 + 0,3)/4 = 0,43	(0,90 + 0,43 + 0,43)/3 = 0,59
18	(0,5 + 0,3)/2 = 0,40	(0,6 + 0,5 + 0,4 + 0,3)/4 = 0,45	(0,6 + 0,4 + 0,4 + 0,2)/4 = 0,40	(0,40 + 0,45 + 0,40)/3 = 0,42
19	(0,8 + 0,4)/2 = 0,60	-	(0,8 + 0,7)/2 = 0,75	(0,60 + 0,75)/2 = 0,68
20	(0,4 + 0,4)/2 = 0,40	(0,6 + 0,5 + 0,4)/3 = 0,50	(0,8 + 0,4 + 0,4)/3 = 0,53	(0,40 + 0,50 + 0,53)/3 = 0,43
21	(0,3 + 0,3)/2 = 0,30	(0,4 + 0,3 + 0,3)/3 = 0,33	(0,4 + 0,3 + 0,3)/3 = 0,33	(0,30 + 0,33 + 0,33)/3 = 0,32
22	(0,6 + 0,5 + 0,4)/3 = 0,50	(0,7 + 0,4 + 0,3)/3 = 0,47	(0,6 + 0,4 + 0,4 + 0,3)/4 = 0,43	(0,50 + 0,47 + 0,43)/3 = 0,47

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.6

CÁLCULO DO FATOR DE CONFIABILIDADE (F_1) - FOLHA ALENQUER (SA.21-X-D)

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	F_1 FORMA ANELAR	F_1 FORMA RADIAL	F_1 FORMA ASSIMÉTRICA	F_1 TOTAL
23	$(1,0 + 0,9 + 0,8 + 0,4)/4 = 0,78$	$(0,8 + 0,8 + 0,7 + 0,4)/4 = 0,68$	$(0,9 + 0,9 + 0,9 + 0,8 + 0,7 + 0,7 + 0,6 + 0,5)/8 = 0,75$	$(0,78 + 0,68 + 0,75)/3 = 0,74$
24	$(0,8)/1 = 0,80$	$(0,8 + 0,8 + 0,6)/3 = 0,73$	$(0,8 + 0,8 + 0,8 + 0,8)/4 = 0,80$	$(0,80 + 0,73 + 0,80)/3 = 0,78$
25	$(0,5 + 0,4)/2 = 0,45$	$(1,0 + 1,0 + 0,8 + 0,5)/4 = 0,83$	$(1,0 + 1,0 + 0,9 + 0,9 + 0,7 + 0,6 + 0,4)/7 = 0,79$	$(0,45 + 0,83 + 0,79)/3 = 0,69$
26	$(0,6 + 0,6)/2 = 0,60$	$(0,8 + 0,8 + 0,6)/3 = 0,73$	$(0,8 + 0,7 + 0,7 + 0,3)/4 = 0,63$	$(0,60 + 0,73 + 0,53)/3 = 0,64$
27	$(0,6 + 0,5)/2 = 0,55$	$(0,6 + 0,6 + 0,4 + 0,4)/4 = 0,50$	$(0,7 + 0,6)/2 = 0,65$	$(0,55 + 0,50 + 0,65)/3 = 0,57$
28	$(0,4 + 0,4)/2 = 0,40$	$(0,9 + 0,3 + 0,3)/3 = 0,50$	$(0,9 + 0,9 + 0,9 + 0,8 + 0,7 + 0,7 + 0,6)/7 = 0,79$	$(0,40 + 0,50 + 0,79)/3 = 0,56$
29	$(0,4 + 0,3)/2 = 0,35$	$(0,4 + 0,4 + 0,2)/3 = 0,33$	$(0,5 + 0,4 + 0,4 + 0,2)/4 = 0,40$	$(0,35 + 0,33 + 0,40)/3 = 0,36$
30	$(0,5 + 0,4)/2 = 0,50$	$(0,7 + 0,5 + 0,4 + 0,3)/4 = 0,48$	$(0,8 + 0,6 + 0,5 + 0,4 + 0,3)/5 = 0,52$	$(0,50 + 0,48 + 0,52)/3 = 0,50$

TABELA 3.7

AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DETECTADAS NA FOLHA AVEIRO (SA.21-Z-D)

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
01	Rio Curuã-Una I	1-0,06/0,52	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Fraca	Fraca	Domo
02	Leste de Aveiro	2-0,28/0,64	Cobertura detritica Alter do Chão	Forte	Moderada	Fraca	Domo
03	Leste de Uruearã	3-0,06/0,47	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Moderada	Fraca	Depressão Estrutural
04	Cabeceira do Rio Curuã-Una I	4-0,06/0,55	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Moderada	Fraca	Depressão Estrutural

(Continua)

Tabela 3.7 - Continuação

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
05	Igarapé Jatuarana	5-0,09/0,53	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Moderada	Depressão Estrutural
06	Cachoeirinha	6-0,03/0,37	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Fraca	Domo
07	Rio Curuá-Una II	7-0,03/0,39	Cobertura detritica Alter do Chão	Muito Fraca	Fraca	Fraca	Domo
08	Rio Tutuí	8-0,06/0,53	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Moderada	Moderada	Domo
09	Cabeceira do Rio Curuá-Una II	9-0,06/0,52	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Moderada	Fraca	Domo

(Continua)

Tabela 3.7 - Conclusão

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM		CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	
10	Cachoeira do Purgatório	10-0,06/0,54	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Moderada	Fraca
11	Sul do Rio Moju	11-G, Ú6/0,43	Cobertura detritica Alter do Chão	Muito Fraca	Moderada	Fraca
12	Cabeceira do Rio Curuá-Uma III	12-0,13/0,62	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Moderada	Domo

TABELA 3.8

AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DETECTADAS NA FOLHA SANTARÉM (SA.21-Z-B)

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
13	Rio Moju I	13-0,03/0,54	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Fraça	Fraça	Domo Falhado
14	Rio Moju II	14-0,03/0,61	Cobertura detritica Alter do Chão	Forte	Moderada	Fraça	Depressão Estrutural Falhada
15	Rio Curuá-Una II	15-0,06/0,47	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraça	Fraça	Fraça	Domo
16	Igarapé Guarana	16-0,13/0,58	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Moderada	Fraça	Domo

(Continua)

Tabela 3.8 - Conclusão

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
17	Pacoval	17-0,19/0,59	Cobertura detritica Alter do Chão	Muito Forte	Fraca	Fraca	Domo
18	Moju	18-0,13/0,42	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Fraca	Domo
19	Mojuí dos Campos	19-0,25/0,68	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Forte	-	Anomalia Morfoestrutural em Bloco Basculado
20	Santarém	20-0,09/0,48	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Fraca	Depressão Estrutural
21	Rio Arapiuns	21-0,06/0,32	Cobertura detritica Alter do Chão	Muito Fraca	Muito Fraca	Muito Fraca	Domo
22	Barreira	22-0,05/0,47	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Fraca	Domo

TABELA 3.9

AVALIAÇÃO DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS DETECTADAS NA FOLHA AL ENQUER (SA.21-X-D)

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
23	Monte Alegre	23-0,75/0,74	Rochas Paleozóicas	Forte	Forte	Moderada	Domo
24	Santa Luzia	24-0,03/0,78	Rochas Paleozóicas	Forte	Forte	Moderada	Domo Falhado
25	Igarapé dos Pedidos	25-0,19/0,69	Rochas Paleozóicas	Fraça	Forte	Forte	Domo
26	Igarapé Rio Branco	26-0,09/0,64	Cobertura detritica Alter do Chão	Moderada	Moderada	Moderada	Domo

(Continua)

Tabela 3.9 - Conclusão

NÚMERO DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	INDICADOR DA ANOMALIA	LITOLOGIA	INTENSIDADE DE ESTRUTURAÇÃO DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM			CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
				ANELAR	ASSIMÉTRICA	RADIAL	
27	Igarapé do Enrola	27-0,13/0,57	Rochas Paleozóicas	Moderada	Moderada	Fraca	Domo
28	Sudeste da Serra Azul	28-0,06/0,56	Rochas Paleozóicas	Fraca	Forte	Fraca	Depressão Estrutural
29	Curuá	29-0,06/0,36	Cobertura detritica Alter do Chão	Fraca	Fraca	Muito Fraca	Domo
30	Rio Mamiã	30-0,28/0,50	Rochas Paleozóicas	Fraca	Fraca	Fraca	Domo

A Tabela 3.10 apresenta a hierarquização das vinte e três anomalias morfoestruturais de interesse exploratório (altos morfoestruturais), procedida com base nos maiores valores do fator de similaridade (F_2). Adotou-se este critério de seleção porque, segundo a conceituação de Soares et alii (1980), o valor numérico do fator F_2 é correlacionado com a probabilidade de que uma anomalia positiva seja condicionada por uma estrutura dómica em subsuperfície. Em caso de igualdade dos valores de F_2 , a decisão de escolha é realizada considerando o maior valor do fator de confiabilidade (F_1). Se ainda persistir a igualdade, a prioridade será estabelecida tendo em vista o maior valor de F_1 para a forma anelar, o qual quantifica a segurança com que se interpreta esta forma como indicadora do traço de acamamento.

No Mapa 3 (Mapa de Classificação de Formas Anômalas de Drenagem), estão assinaladas as anomalias morfoestruturais detectadas na região em estudo, acompanhadas dos valores de F_1 e F_2 que lhes são correspondentes.

Foram ainda identificados arranjos concêntricos de drenagem do interflúvio dos rios Tutuã e Curuá-Una, não-associados a quaisquer dos modelos estruturais anteriormente descritos. Segundo Bemerguy (1964), as intrusões de diabásio que ocorrem nesta área ocasionam perturbações locais nos sedimentos, tais como falhas, sinclinais e reverões de mergulho. Os folhelhos e siltitos nos contatos intrusivos mostram-se algumas vezes retorcidos e brechados, apresentando sinais de metamorfismo. Os arranjos concêntricos acima referidos devem, portanto, ser considerados como demonstrativos de perturbações das camadas sedimentares por esses corpos intrusivos.

TABELA 3.10

HIERARQUIZAÇÃO DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS
COM INTERESSE EXPLORATÓRIO

HIERARQUIA DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	INDICADOR DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
01	23-0,75/0,74	Monte Alegre	Domo
02	2-0,28/0,64	Leste de Aveiro	Domo
03	30-0,28/0,50	Rio Mamia	Domo
04	19-0,25/0,68	Mojuí dos Campos	Anomalia Morfoestrutural em Bloco Basculado
05	25-0,19/0,69	Igarapé dos Perdidos	Domo
06	17-0,19/0,59	Pacoval	Domo
07	12-0,13/0,62	Cabeceira do Rio Curuá-Una III	Domo
08	16-0,13/0,58	Igarapé Guaraná	Domo
09	27-0,13/0,57	Igarapé do Enrola	Domo
10	18-0,13/0,42	Moju	Domo
11	26-0,09/0,64	Igarapé Rio Branco	Domo
12	10-0,06/0,54	Cachoeira do Purgatório	Domo
13	8-0,06/0,53	Rio Tutuí	Domo
14	1-0,06/0,52	Rio Curuá-Una I	Domo
15	9-0,06/0,52	Cabeceira do Rio Curuá-Una II	Domo
16	15-0,06/0,47	Rio Curuá-Una II	Domo
17	29-0,06/0,36	Curuá	Domo

(continua)

Tabela 3.10 - Conclusão

HIERARQUIA DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	INDICADOR DA ANOMALIA MORFOESTRUTURAL	DESIGNAÇÃO GEOGRÁFICA	CARACTERIZAÇÃO MORFOESTRUTURAL
18	21-0,06/0,32	Rio Arapiuns	Domo
19	22-0,05/0,47	Barreira	Domo
20	24-0,03/0,78	Santa Luzia	Domo Falhado
21	13-0,03/0,54	Rio Moju I	Domo Falhado
22	7-0,03/0,39	Rio Curuá-Una II	Domo
23	6-0,03/0,37	Cachoeirinha	Domo

3.3 - ANÁLISE DOS LINEAMENTOS

Na concepção de O'Leary et alii (1976), o termo lineamento refere-se a uma feição linear simples ou composta, mapeável na superfície terrestre. Suas partes constituintes alinhamp-se numa configuração retilínea a levemente curvilínea, diferem dos padrões morfológicos adjacentes e refletem, presumivelmente, a ocorrência de um fenômeno geológico em subsuperfície.

A análise dos lineamentos teve por objetivo identificard reções preferenciais destas feições lineares ao nível regional. De modo a reconhecer tais tendências estruturais com base em critérios quantitativos, efetuou-se neste trabalho um estudo estatístico dos lineamentos.

3.3.1 - EXTRAÇÃO DOS LINEAMENTOS

Realizou-se esta operação diretamente sobre os mosaicos de RADAR, cuja informação foi complementada com imagens do sensor MSS do canal 7. A definição dos lineamentos nos produtos de sensoriamento remoto foi efetuada através da disposição contígua e alinhada de lineações de drenagem, formas lineares do relevo e feições retilíneas manifestadas

através de contraste tonal. Em geral, os lineamentos possuidores de expressão geomórfica são caracterizados por áreas topograficamente negativas, nas quais se encaixam os cursos d'água. Além disso, eles constituem ainda quebras erosivas alinhadas na superfície plana e uniforme do Planoalto Tapajós-Xingu. Os lineamentos de natureza tonal são de ocorrência um pouco mais restrita, podendo refletir, no entanto, zonas em subsuperfície com propriedades físicas diferentes das litologias adjacentes. Por outro lado, as dimensões dos lineamentos na região de estudo oscilam, em média, de 5,5 a 11,0 km, independentemente de seu caráter tonal ou morfológico.

Apesar das imagens de sensoriamento remoto (MSS-LANDSAT e RADAR) terem possibilitado a identificação de um grande número de lineamentos, deve-se considerar que tais produtos estão sujeitos a algumas limitações técnicas. Assim, a despeito do bom desempenho do RADAR no realçamento do relevo, as diferenças dos ângulos de depressão para as porções distais ("far range") e proximais ("near range") da faixa imageada resultam num sombreamento diferenciado, acentuando as feições topográficas mais próximas à antena. Tal fato pode acarretar numa falsa diferenciação de padrões morfológicos, induzindo o fotointérprete ao erro. Ademais, na freqüência de operação do sistema GEMS (9,6 GHz, banda X), o sinal de RADAR praticamente não penetra na vegetação. Isto implica que as imagens da Amazônia exibem a topografia da copa das árvores, e não da superfície do terreno. Considerando que nesta região as árvores são mais desenvolvidas no interior dos vales, atingindo alturas de 60 (sessenta) metros, tal característica do sensor pode originar, em alguns casos, uma redução de contraste no relevo. Logo, em áreas com densa varredura vegetal, o realce de feições geomórficas ocorrerá quando suas dimensões forem bastante proeminentes. Vale ainda mencionar que nos mosaicos radar gramétricos não são convenientemente registradas as formas de relevo dispostas perpendicularmente à linha de vôo (paralelamente, portanto, ao pulso emitido pela antena). Na região investigada, a direção do vôo é N-S, o que dificulta a distinção de lineamentos com orientação E-W. Segundo Soares et alii (1982), os lineamentos N-S são igualmente mal caracterizados nas imagens de RADAR. Isto talvez ocorra em consequência do

processo de montagem dos "strips" que compõem os mosaicos, ou também em razão da própria textura do papel de impressão usado pelos referidos autores (cronaflex transparente). Entretanto, o intenso fraturamento existente nas proximidades do domo de Monte Alegre foi claramente evidenciado na imagem, o que indica que tal afirmação não pode ser encarada como uma generalização.

Com relação aos dados do MSS, também existem algumas restrições. Com efeito, o plano da órbita do LANDSAT é síncrono com o sol, de modo a permitir uma repetitividade de condições de iluminação durante o movimento de translação da Terra. Entretanto, os valores dos ângulos de iluminação solar (elevação e azimute) não se mantêm constantes ao longo de uma determinada órbita, variando conforme a latitude e a estação do ano. Estas mudanças de azimute e elevação do sol têm grande influência no sombreamento da área imageada e, consequentemente, na detecção de feições geomórficas de caráter linear, tais como os lineamentos. Na época em que se iniciou o presente trabalho (1981), a única passagem sem cobertura de nuvens sobre a região investigada foi obtida no dia 07/08/75. Nas demais datas, a excessiva nebulosidade tornou os produtos do MSS impraticáveis para estudos geológicos regionais. Os ângulos de iluminação solar referentes às imagens da área são:

- a) cena 290-13: azimute 063° , elevação 47° ;
- b) cena 290-14: azimute 062° , elevação 46° ;
- c) cena 290-15: azimute 060° , elevação 45° .

A este respeito, cabe observar que, nas regiões equatoriais, os ângulos de elevação solar não apresentam variações marcantes durante o ano. Além disso, em virtude de um relevo com formas topográficas suaves, a área em apreço não exibiu um sombreamento natural pronunciado. Por outro lado, os valores do azimute solar concentram-se em torno de 62° , o que implica a ausência de realce para os lineamentos N60E, aproximadamente paralelos à direção de iluminação solar. De acordo com Soares et alii (1982), os lineamentos com orientação E-W também ficam dissimulados nas imagens MSS, porque as linhas de varredura do "scanner" estão próximas a esta direção.

Como sugestão para futuras aquisições de dados de sensoramento remoto na área de estudo, podem ser mencionados levantamentos radargramétricos com direção de voo E-W, de modo a realçar as estruturas lineares assim orientadas. Através do imageamento contínuo da região investigada pelo sensor MSS, julga-se também possível obter outras imagens sem coberturas de nuvens, cujo ângulo de azimute solar propicie uma boa discriminação dos lineamentos N60E. Acredita-se ainda que um maior número de feições lineares tonais possa ser reconhecido, a partir da entrada em operação do Mapeador Temático (TM) instalado no LANDSAT-4, em razão das novas bandas espectrais por ele abrangidas (duas no infravermelho próximo e uma no termal). Por fim, concluiu-se que, apesar das limitações descritas nos parágrafos anteriores, as imagens MSS e de RADAR são bastante apropriadas para estudos morfoestruturais ao nível regional, baseados na distribuição dos lineamentos, tendo em vista as amplas escalas que lhes caracterizam (1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000). Neste aspecto, os modernos sensores remotos superam em muito as fotografias aéreas convencionais.

3.3.2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA: DEFINIÇÃO DE TENDÊNCIAS ESTRUTURAIS COM BASE EM DADOS QUANTITATIVOS

Nesta etapa do trabalho foram determinados os "trends" mais freqüentes na área em apreço (através do algoritmo "smoothing") e confeccionados os diagramas de roseta e os mapas de densidade de lineamentos por classe de azimute. Estes dados forneceram subsídios para a definição de tendências estruturais regionais utilizando critérios quantitativos.

A Figura 3.9 apresenta o fluxograma de operações referente a esta análise estatística, que foi realizada no terminal gráfico INTERGRAPH da THEMAG Engenharia S/A, em São Paulo.

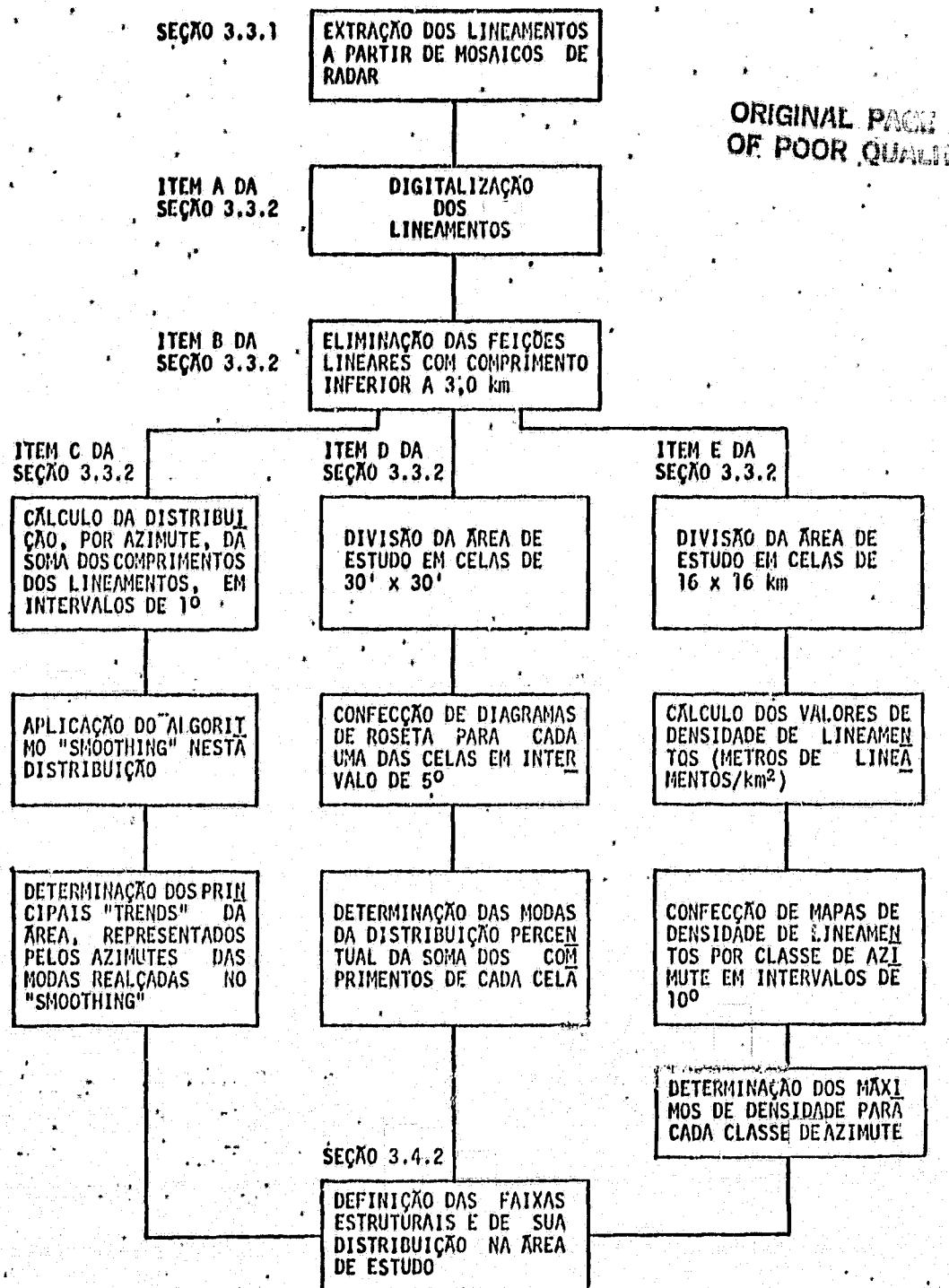


Fig. 3.9 - Análise estatística dos lineamentos - fluxograma de operações.

A seguir, apresenta-se uma descrição sucinta de cada um dos procedimentos adotados, a saber:

- a) Digitalização dos lineamentos obtidos pelo procedimento exposto na Seção 3.4.1. Isto foi feito determinando as coordenadas UTM das extremidades dos lineamentos e possibilitando, assim, o cálculo de seus azimutes e de seus comprimentos através do computador.
- b) Eliminação das feições lineares com comprimento inferiora 3,0 km, segundo um critério estabelecido por Lattman e Matzke (1961), que consideram os alinhamentos abaixo deste valor como traços de fratura e indicativos de zonas com concentração de juntas. Estas zonas, por não possuírem uma expressão regional, não foram consideradas na análise estrutural aqui desenvolvida. Ainda assim, computou-se um total de 3.734 lineamentos em toda área estudada (Tabela 3.11).
- c) Cálculo da distribuição, por azimute, da soma de comprimentos dos lineamentos, em intervalos de 1° (Figura 3.10).
 - Utilização do algoritmo "smoothing", cuja finalidade era realçar as modas existentes na distribuição acima. Este algoritmo é constituído por uma média móvel de m termos. Neste trabalho, tomou-se $m = 3$, sendo a equação de "smoothing" expressa por $(a + b + c)/3$.
 - Determinação dos principais "trends" estruturais da área, representados pelos azimutes das modas realçadas no "smoothing".

C - 2

d) Divisão da área de estudo em celas de $30' \times 30'$, resultando num total de 24 celas. Cada cela foi referida por um par de índices (m, n) , onde m indica a linha e n indica a coluna.

- Confecção de diagramas de roseta para cada cela, com intervalos de 5° (Figuras 3.11 a 3.14 e Tabelas 3.12 a 3.35).
- Determinação, em cada cela, das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos (coluna % COMP nas Tabelas 3.12 a 3.35).

e) Divisão da área de estudo em celas de 16×16 km, num total de 308 celas.

- Cálculo dos valores de densidade de lineamentos (expressos em metros de lineamentos/km²) para cada uma das celas.
- Confecção de mapas de densidade de lineamento por classe de azimute, em intervalos de 10° , através de interpolação aritmética simples.
- Determinação da ordem de grandeza e da localização geográfica dos máximos de densidade de cada uma das classes de azimute.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.11

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DE TODA ÁREA DE ESTUDO

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	19	152,04178	0,51	0,41	8,00
5	10	26	181,22879	0,70	0,49	6,97
10	15	51	410,88623	1,37	1,11	8,06
15	20	122	1237,52832	3,27	3,34	10,14
20	25	167	1502,92432	4,47	4,05	9,00
25	30	160	1668,05469	4,28	4,50	10,43
30	35	131	1363,60156	3,51	3,68	10,41
35	40	114	1075,00269	3,05	2,90	9,43
40	45	114	1036,39575	3,05	2,79	9,09
45	50	138	1279,63110	3,70	3,45	9,27
50	55	149	1367,64478	3,99	3,69	9,18
55	60	232	2366,52661	6,21	6,38	10,20
60	65	268	2698,17261	7,18	7,27	10,07
65	70	180	1733,27881	4,82	4,67	9,63
70	75	83	848,30249	2,22	2,29	10,22
75	80	19	170,35194	0,51	0,46	8,97
80	85	8	56,73529	0,21	0,15	7,09
85	90	10	70,11998	0,27	0,19	7,01
90	95	6	39,32910	0,16	0,11	6,55
95	100	2	11,06118	0,05	0,03	5,53
100	105	9	80,40050	0,24	0,22	8,93
105	110	29	274,61084	0,78	0,74	9,47
110	115	129	1268,88379	3,45	3,42	9,84
115	120	215	2311,05151	5,76	6,23	10,75
120	125	205	2153,18042	5,49	5,80	10,50
125	130	182	1887,48218	4,87	5,09	10,37
130	135	143	1605,76367	3,83	4,33	11,23
135	140	114	1016,72217	3,05	2,74	8,92
140	145	108	1106,14087	2,89	2,98	10,24
145	150	101	1117,52075	2,70	3,01	11,06
150	155	122	1210,67432	3,27	3,26	9,92
155	160	147	1514,94458	3,94	4,08	10,31
160	165	123	1254,05566	3,29	3,38	10,20
165	170	66	656,91797	1,77	1,77	9,95
170	175	24	198,28310	0,64	0,53	8,26
175	180	18	177,46501	0,48	0,48	9,86

LEGENDA DA TABELA 3.11

- LI → Limite inferior do intervalo de azimute.
- LS → Limite superior do intervalo de azimute.
- NO. → Freqüência de ocorrência de lineamentos no intervalo de azimute.
- ΣNO → Freqüência total dos lineamentos em toda área de estudo ($\Sigma NO = 3734$ lineamentos).
- COMP. → Soma dos comprimentos de lineamentos no intervalo de azimute (km).
- $\Sigma COMP.$ → Soma total dos comprimentos dos lineamentos (km) em toda área de estudo ($\Sigma COMP. = 37.102,039$ km).
- % NO → Porcentagem em relação ao número total dos lineamentos.
- $$\% NO = \left(\frac{NO}{\Sigma NO} \right) \times 100$$
- % COMP. → Porcentagem em relação à soma total dos comprimentos de lineamentos.
- $$\% COMP. = \left(\frac{COMP}{\Sigma COMP} \right) \times 100$$
- COMP. MÉDIO → Comprimento médio no intervalo de azimute (km).

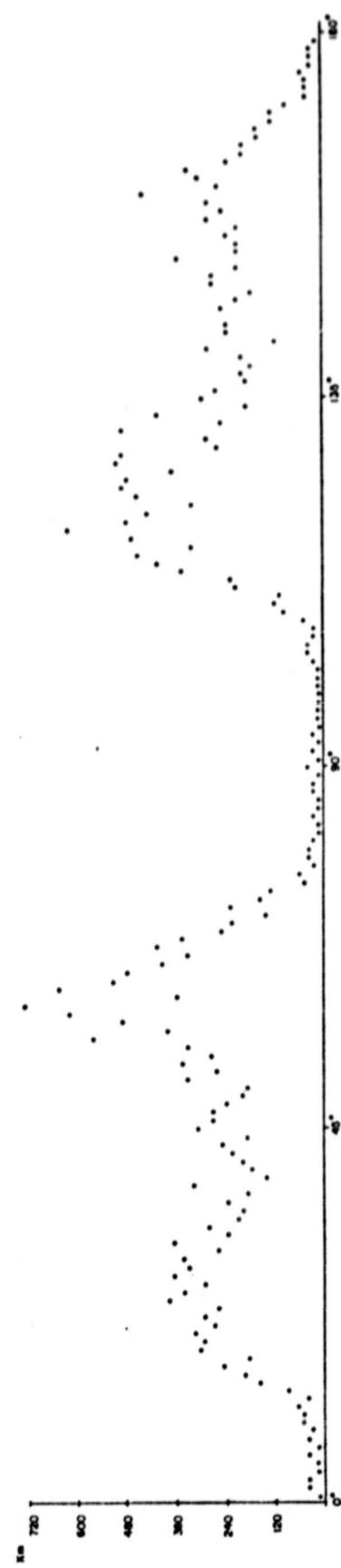


Fig. 3.10 - Distribuição por azimute da soma de comprimentos dos lineamentos, em intervalos de 1° .

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

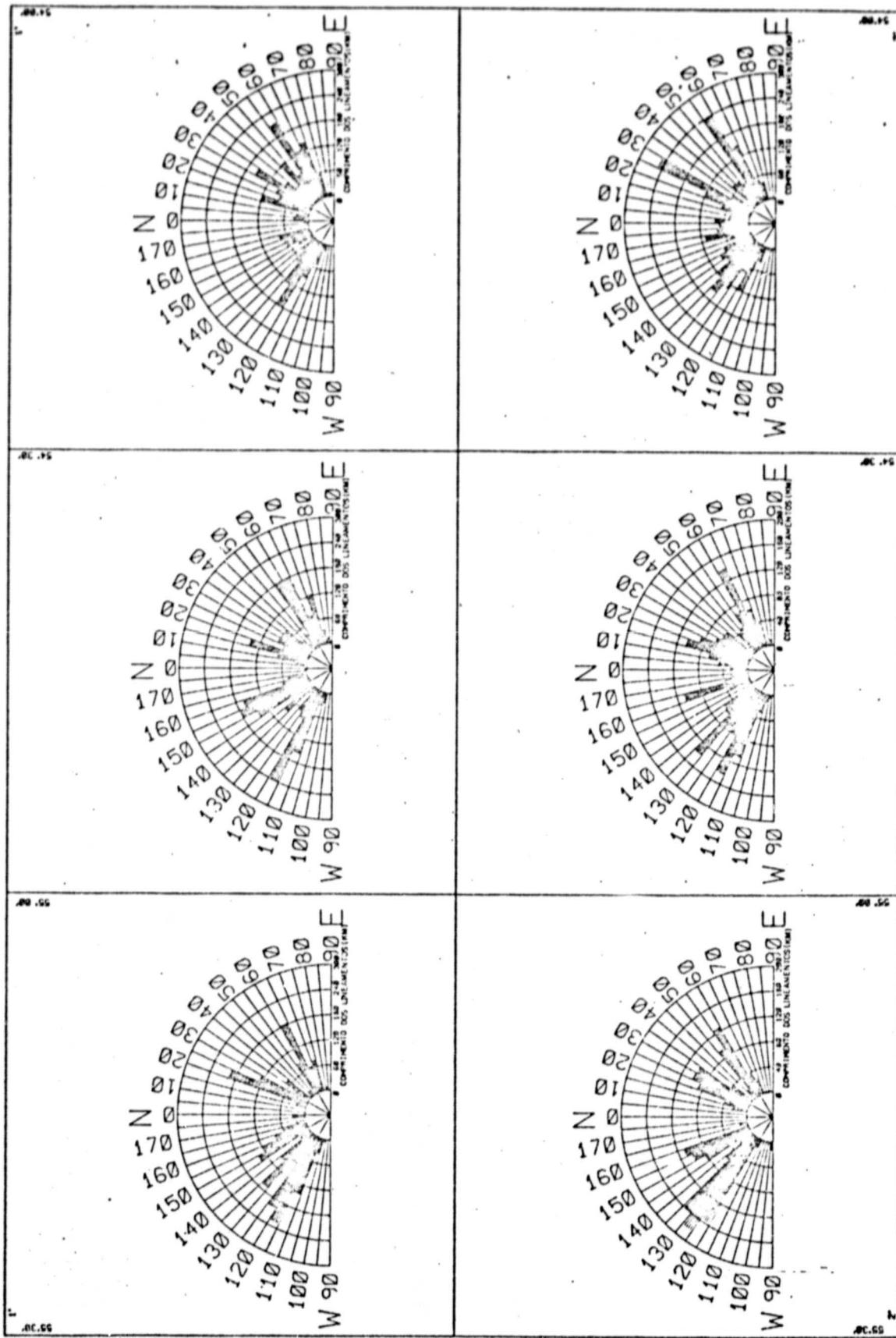


Fig. 3.11 - Diagramas de roseta - folha SA.21-X-D.

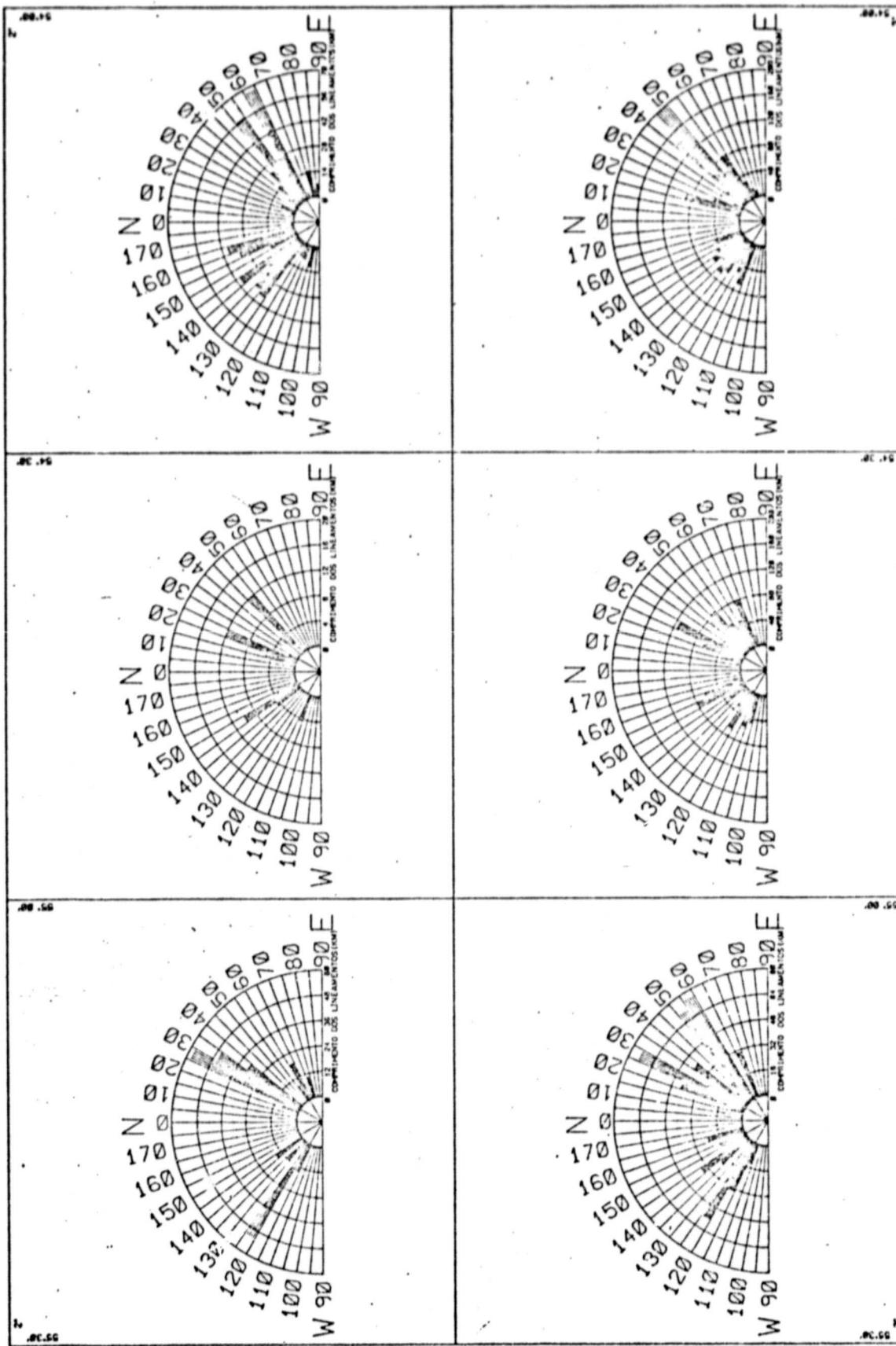


Fig. 3.12 - Diagramas de roseta - folha SA.21-Z-B.

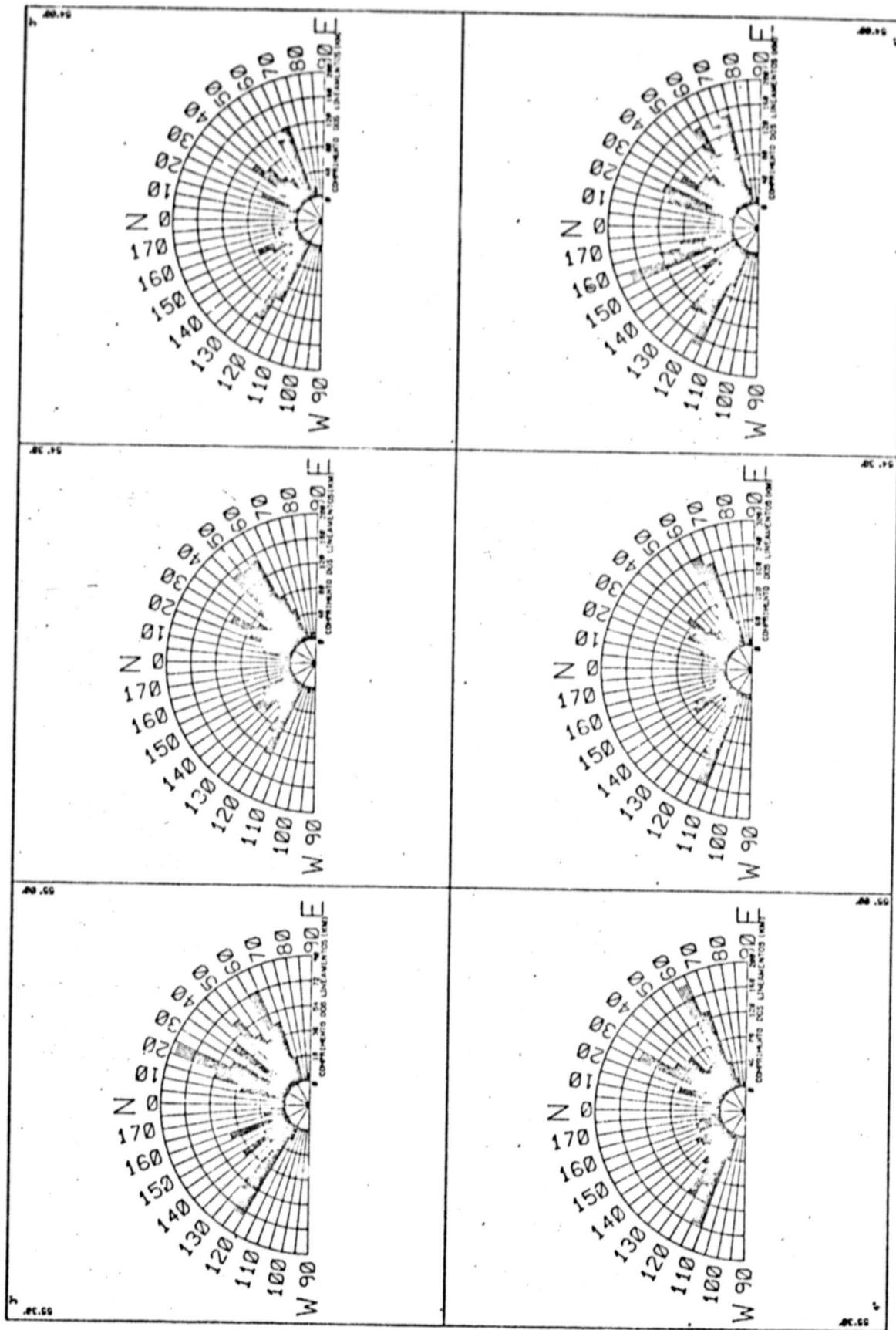


Fig. 3.13 - Diagramas de roseta - folha SA.21-Z-D.

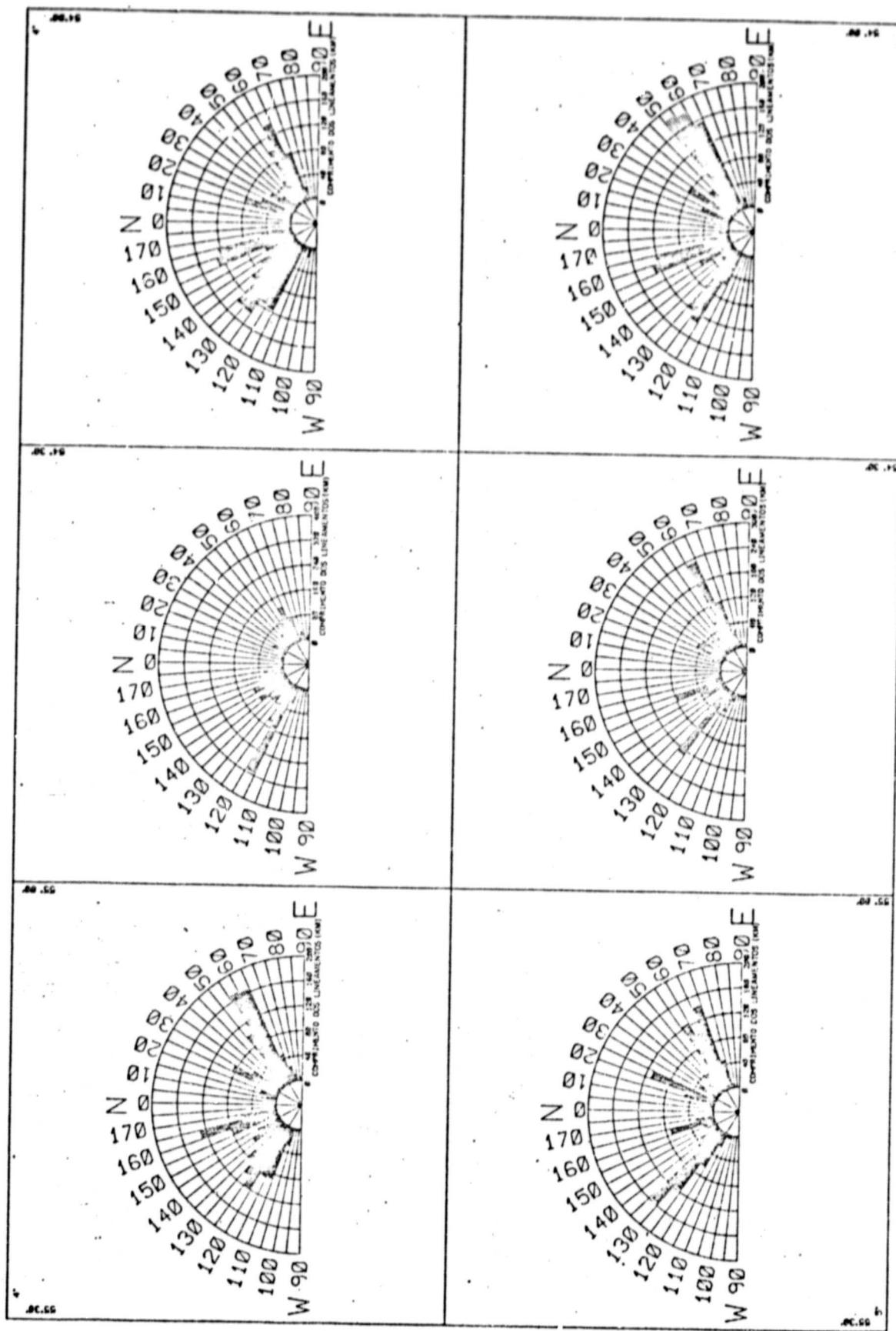


Fig. 3.14 - Diagramas de roseta - folha SB.21-X-B.

TABELA 3.12

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 11

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	5	59,32913	2,12	2,49	11,87
20	25	19	175,98500	9,05	7,38	9,26
25	30	15	147,00323	6,36	6,16	9,80
30	35	5	46,78400	2,12	1,96	9,36
35	40	9	71,18929	3,81	2,98	7,91
40	45	1	7,11205	0,42	0,30	7,11
45	50	1	15,46523	0,42	0,65	15,47
50	55	2	14,32021	0,85	0,60	7,16
55	60	7	85,01810	2,97	3,56	12,15
60	65	21	182,71815	8,90	7,66	8,70
65	70	9	65,16245	3,81	2,73	7,24
70	75	7	76,09726	2,97	3,19	10,87
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	1	6,13382	0,42	0,26	6,13
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	1	3,41214	0,42	0,14	3,41
105	110	4	35,98390	1,69	1,51	9,00
110	115	13	142,38330	5,51	5,57	10,95
115	120	20	227,42879	8,47	9,54	11,37
120	125	21	199,02753	8,90	8,35	9,48
125	130	9	82,44235	3,81	3,46	9,16
130	135	13	169,06161	5,51	7,09	13,00
135	140	8	102,53897	3,39	4,30	12,82
140	145	4	21,75159	1,69	0,91	5,44
145	150	11	136,60620	4,66	5,73	12,42
150	155	13	133,04933	5,51	5,58	10,23
155	160	7	63,59723	2,97	2,67	9,09
160	165	6	60,19243	2,54	2,52	10,03
165	170	2	24,39822	0,85	1,02	12,20
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	2	30,76350	0,85	1,29	15,38

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.13DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 1 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	3	26,88840	1,05	1,02	8,96
10	15	11	74,05440	3,86	2,82	6,73
15	20	11	142,40775	3,86	5,41	12,95
20	25	10	65,97952	3,51	2,51	6,60
25	30	7	84,10205	2,46	3,20	12,01
30	35	7	82,83672	2,46	3,15	11,83
35	40	8	81,62669	2,81	3,10	10,20
40	45	3	33,84200	1,05	1,29	11,28
45	50	2	17,98752	0,70	0,68	8,99
50	55	4	39,28563	1,40	1,49	9,82
55	60	14	181,85571	4,91	6,91	12,99
60	65	10	182,06279	6,32	6,92	10,11
65	70	11	74,51144	3,86	2,83	6,77
70	75	15	122,99323	5,26	4,68	8,20
75	80	5	35,24492	1,75	1,34	7,05
80	85	3	13,23523	1,05	0,50	4,41
85	90	1	4,81681	0,35	0,18	4,82
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	2	24,13855	0,70	0,92	12,07
105	110	3	30,99680	1,05	1,18	10,23
110	115	18	156,87350	6,32	5,96	8,72
115	120	24	240,77722	8,42	9,15	10,03
120	125	10	76,90108	3,51	2,92	7,69
125	130	7	64,52174	2,46	2,45	9,22
130	135	4	23,22276	1,40	0,88	5,81
135	140	12	86,68224	4,21	3,30	7,22
140	145	8	59,79434	2,81	2,27	7,47
145	150	15	145,02930	5,26	5,51	9,67
150	155	19	176,43530	6,67	6,71	9,29
155	160	17	163,06378	5,96	6,20	9,59
160	165	6	64,05908	2,44	2,44	8,01
165	170	4	48,69684	1,40	1,85	12,17
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	1	5,63089	0,35	0,21	5,63

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.14

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 13

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	6	36,52274	2,50	1,61	6,09
5	10	5	31,09187	2,08	1,37	6,22
10	15	2	11,15273	0,83	0,49	5,58
15	20	11	116,52226	4,58	5,13	10,59
20	25	10	82,01158	4,17	3,61	8,20
25	30	9	92,00548	3,75	4,05	10,22
30	35	12	156,60832	5,00	6,89	13,05
35	40	9	84,26532	3,75	3,71	9,36
40	45	7	56,17920	2,92	2,47	8,03
45	50	13	122,82492	5,42	5,40	9,45
50	55	9	81,85298	3,75	3,60	9,09
55	60	22	212,65822	9,17	9,36	9,67
60	65	12	127,45618	5,00	5,61	10,62
65	70	13	140,35803	5,42	6,18	10,80
70	75	4	61,88091	1,67	2,72	15,47
75	80	1	5,65620	0,42	0,25	5,66
80	85	1	5,89392	0,42	0,26	5,89
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	2	14,14412	0,83	0,62	7,07
110	115	6	50,00826	2,50	2,20	8,33
115	120	16	90,61328	6,67	3,99	5,66
120	125	20	180,68536	8,33	7,95	9,03
125	130	10	124,70799	4,17	5,49	12,47
130	135	8	68,30090	3,33	3,01	8,54
135	140	5	39,57985	2,08	1,74	7,92
140	145	1	10,46990	0,42	0,46	10,47
145	150	5	39,16176	2,08	1,72	7,83
150	155	7	66,41045	2,92	2,92	9,49
155	160	6	69,05992	2,50	3,04	11,51
160	165	5	74,70570	2,08	3,29	14,94
165	170	1	6,42852	0,42	0,28	6,43
170	175	1	2,36559	0,42	0,10	2,37
175	180	1	11,06204	0,42	0,49	11,06

TABELA 3.15DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 21

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	1	23,65614	0,63	1,48	23,66
15	20	3	30,44514	1,89	1,90	10,15
20	25	9	87,13878	5,66	5,44	9,68
25	30	10	82,57011	6,29	5,15	8,26
30	35	10	123,83321	6,29	7,72	12,38
35	40	4	40,45369	2,52	2,52	10,11
40	45	0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	50	2	17,86198	1,26	1,11	8,93
50	55	11	93,34703	6,92	5,82	8,49
55	60	12	126,34822	7,55	7,88	10,53
60	65	6	36,75386	3,77	2,29	6,13
65	70	2	25,37918	1,26	1,58	12,69
70	75	0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	1	1,65595	0,63	0,10	1,66
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	1	11,84179	0,63	0,74	11,84
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	3	24,57883	1,89	1,53	8,19
120	125	17	145,57140	10,69	9,08	8,56
125	130	17	181,17044	10,69	11,30	10,66
130	135	14	180,70541	8,81	11,27	12,91
135	140	4	34,13504	2,52	2,13	8,53
140	145	3	24,35185	1,89	1,52	8,12
145	150	9	82,55891	5,66	5,15	9,17
150	155	10	100,64098	6,29	6,28	10,06
155	160	8	109,76195	5,03	6,85	13,72
160	165	1	6,18726	0,63	0,39	6,19
165	170	1	12,21731	0,63	0,76	12,22
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.16

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 2 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	7	29,53206	3,11	1,56	4,22
5	10	8	47,70599	3,56	2,53	5,96
10	15	11	65,30249	4,89	3,46	5,94
15	20	13	104,94853	5,78	5,56	8,07
20	25	10	86,63950	4,44	4,59	8,66
25	30	9	62,74579	4,00	3,32	6,97
30	35	4	54,94037	1,78	2,91	13,74
35	40	5	55,84044	2,22	2,96	11,17
40	45	2	12,53194	0,89	0,66	6,27
45	50	5	37,19008	2,22	1,97	7,44
50	55	4	43,56664	1,78	2,31	10,89
55	60	7	67,22888	3,11	3,56	9,60
60	65	15	139,68581	6,67	7,40	9,31
65	70	7	63,83739	3,11	3,38	9,12
70	75	5	39,95345	2,22	2,12	7,99
75	80	1	4,39112	0,44	0,23	4,39
80	85	1	8,53233	0,44	0,45	8,53
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	1	3,86815	0,44	0,20	3,87
100	105	2	11,11774	0,89	0,59	5,56
105	110	3	29,86850	1,33	1,58	9,96
110	115	12	107,53970	5,33	5,69	8,96
115	120	14	143,23274	6,22	7,58	10,23
120	125	12	79,82791	5,33	4,23	6,65
125	130	8	70,98976	3,56	3,76	8,87
130	135	12	137,35069	5,33	7,27	11,45
135	140	9	59,05956	4,00	3,13	6,56
140	145	6	55,94218	2,67	2,96	9,32
145	150	2	23,99945	0,89	1,27	12,00
150	155	1	5,53925	0,44	0,29	5,54
155	160	5	34,99893	2,22	1,85	7,00
160	165	9	107,62921	4,00	5,70	11,96
165	170	8	41,40608	3,56	2,19	5,18
170	175	5	27,10771	2,22	1,44	5,42
175	180	2	24,58583	0,89	1,30	12,29

TABELA 3.17

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 2 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	9	81,36684	2,86	3,13	9,04
5	10	10	49,95197	3,17	1,92	5,00
10	15	8	46,35519	2,54	1,78	5,79
15	20	12	71,97238	3,81	2,77	6,00
20	25	18	114,90134	5,71	4,41	6,38
25	30	20	252,29785	6,35	9,69	12,61
30	35	9	57,45525	2,86	2,21	6,38
35	40	2	17,54832	0,63	0,67	8,77
40	45	7	73,06528	2,22	2,81	10,44
45	50	10	71,48674	3,17	2,75	7,15
50	55	10	60,71526	3,17	2,33	6,07
55	60	26	236,92426	8,25	9,10	9,11
60	65	18	145,59271	5,71	5,59	8,09
65	70	9	53,15971	2,86	2,04	5,91
70	75	5	41,95874	1,59	1,61	8,39
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	1	1,07444	0,32	0,04	1,07
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	1	0,58087	0,32	0,02	0,58
110	115	5	36,10294	1,59	1,39	7,22
115	120	13	119,80823	4,13	4,60	9,22
120	125	11	75,44739	3,49	2,90	6,86
125	130	12	130,66565	3,81	5,02	10,89
130	135	17	154,57082	5,40	5,94	9,09
135	140	17	116,96736	5,40	4,49	6,88
140	145	8	80,06155	2,54	3,08	10,01
145	150	6	87,66086	1,90	3,37	14,61
150	155	8	74,66090	2,54	2,87	9,33
155	160	6	38,94202	1,90	1,50	6,49
160	165	8	51,98125	2,54	2,00	6,50
165	170	11	108,86485	3,49	4,18	9,90
170	175	9	78,15396	2,86	3,00	8,68
175	180	9	72,59305	2,86	2,79	8,07

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.18

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 3 1

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	25	1	7,67538	2,78	2,74	7,68
25	30	6	57,78220	16,67	20,61	9,63
30	35	6	46,07370	16,67	16,44	7,68
35	40	3	31,16733	8,33	11,12	10,39
40	45	0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	50	0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	55	0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	60	2	8,04735	5,56	2,87	4,02
60	65	3	18,76137	8,33	6,69	6,25
65	70	1	1,73614	2,78	0,62	1,74
70	75	1	10,16044	2,78	3,62	10,16
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	2	14,25273	5,56	5,08	7,13
120	125	6	51,67357	16,67	18,44	8,61
125	130	1	6,27196	2,78	2,24	6,27
130	135	2	12,12132	5,56	4,32	6,06
135	140	0	0,0	0,0	0,0	0,0
140	145	2	14,57730	5,56	5,20	7,29
145	150	0	0,0	0,0	0,0	0,0
150	155	0	0,0	0,0	0,0	0,0
155	160	0	0,0	0,0	0,0	0,0
160	165	0	0,0	0,0	0,0	0,0
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.19DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 3 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MEDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	1	0,60133	5,56	1,00	0,60
15	20	1	4,95331	5,56	8,26	4,95
20	25	4	11,88475	22,22	19,83	2,97
25	30	1	1,50839	5,56	2,52	1,51
30	35	0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	40	0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	45	1	3,59282	5,56	5,99	3,59
45	50	4	12,08986	22,22	20,17	3,02
50	55	0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	60	0	0,0	0,0	0,0	0,0
60	65	0	0,0	0,0	0,0	0,0
65	70	0	0,0	0,0	0,0	0,0
70	75	0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	1	4,31984	5,56	7,21	4,32
115	120	0	0,0	0,0	0,0	0,0
120	125	0	0,0	0,0	0,0	0,0
125	130	0	0,0	0,0	0,0	0,0
130	135	0	0,0	0,0	0,0	0,0
135	140	0	0,0	0,0	0,0	0,0
140	145	1	4,44339	5,56	7,41	4,44
145	150	2	9,86529	11,11	16,46	4,93
150	155	1	3,67049	5,56	6,12	3,67
155	160	1	3,00214	5,56	5,01	3,00
160	165	0	0,0	0,0	0,0	0,0
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.20

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 3 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	2	1,67734	2,11	0,34	0,84
20	25	2	8,02383	2,11	1,61	4,01
25	30	0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	35	1	1,43913	1,05	0,29	1,44
35	40	1	6,50002	1,05	1,30	6,50
40	45	2	15,20013	2,11	3,05	7,60
45	50	4	23,47032	4,21	4,70	5,87
50	55	12	57,29826	12,63	11,48	4,77
55	60	5	26,98550	5,26	5,41	5,40
60	65	11	67,46429	11,58	13,52	6,13
65	70	1	2,73487	1,05	0,55	2,73
70	75	0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	80	1	14,78330	1,05	2,96	14,78
80	85	1	4,44642	1,05	0,89	4,45
85	90	1	6,67554	1,05	1,34	6,68
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	1	11,44661	1,05	2,29	11,45
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	1	7,90916	1,05	1,59	7,91
115	120	2	7,30483	2,11	1,46	3,65
120	125	2	6,72666	2,11	1,35	3,36
125	130	8	37,25284	8,42	7,47	4,66
130	135	7	35,10214	7,37	7,03	5,01
135	140	4	22,35628	4,21	4,48	5,59
140	145	5	39,31653	5,26	7,88	7,86
145	150	0	0,0	0,0	0,0	0,0
150	155	3	15,80331	3,16	3,17	5,27
155	160	5	33,20403	5,26	6,65	6,64
160	165	9	38,68733	9,47	7,75	4,30
165	170	2	4,86191	2,11	0,97	2,43
170	175	1	1,11521	1,05	0,22	1,12
175	180	1	1,20760	1,05	0,24	1,21

TABELA 3.21

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 4 1

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	1	7,71756	1,28	1,19	7,72
20	25	4	42,19203	5,13	6,51	10,55
25	30	10	73,51419	12,82	11,35	7,35
30	35	4	27,55507	5,13	4,25	6,89
35	40	6	40,52055	7,69	6,26	6,75
40	45	1	9,67964	1,28	1,49	9,68
45	50	2	16,41478	2,56	2,53	8,21
50	55	9	70,25029	11,54	10,85	7,81
55	60	8	75,65881	10,26	11,68	9,46
60	65	1	1,04602	1,28	0,16	1,05
65	70	4	30,24397	5,13	4,67	7,56
70	75	0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	1	13,17492	1,28	2,03	13,17
115	120	3	33,45078	3,85	5,16	11,15
120	125	6	56,20497	7,69	8,68	9,37
125	130	3	20,00902	3,85	3,09	6,67
130	135	1	6,03700	1,28	0,93	6,04
135	140	3	23,35043	3,85	3,61	7,78
140	145	4	35,57127	5,13	5,49	8,89
145	150	2	12,63558	2,56	1,95	6,32
150	155	2	17,68404	2,56	2,73	8,84
155	160	1	11,58388	1,28	1,79	11,58
160	165	2	23,21301	2,56	3,58	11,61
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.22

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 4 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	1	7,98849	0,69	0,71	7,99
15	20	5	30,23056	3,45	2,67	6,05
20	25	10	66,55513	6,90	5,88	6,66
25	30	13	114,49986	8,97	10,11	8,81
30	35	4	31,87376	2,76	2,81	7,97
35	40	4	33,83784	2,76	2,99	8,46
40	45	8	74,85464	5,52	6,61	9,36
45	50	15	84,06161	10,34	7,42	5,60
50	55	6	50,76556	4,14	4,48	8,46
55	60	5	43,64011	3,45	3,85	8,73
60	65	6	47,86906	4,14	4,23	7,98
65	70	9	78,09709	6,21	6,90	8,69
70	75	2	16,12617	1,38	1,42	8,06
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	4	45,53853	2,76	4,02	11,38
110	115	8	53,89029	5,52	4,76	6,74
115	120	5	30,82796	3,45	2,72	6,17
120	125	5	66,12019	3,45	5,84	13,22
125	130	4	30,89383	2,76	2,73	7,72
130	135	0	0,0	0,0	0,0	0,0
135	140	1	8,28749	0,69	0,73	8,29
140	145	4	30,54268	2,76	2,70	7,64
145	150	5	29,05833	3,45	2,57	5,81
150	155	11	79,34612	7,59	7,01	7,21
155	160	8	63,51756	5,52	5,61	7,94
160	165	2	13,89982	1,38	1,23	6,95
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.23

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 4 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	2	12,27631	1,29	0,98	6,14
15	20	10	90,39351	6,45	7,25	9,04
20	25	7	46,55687	4,52	3,73	6,65
25	30	2	15,69923	1,29	1,26	7,85
30	35	0	0,0	0,0	0,0	0,0
35	40	4	35,55263	2,58	2,85	8,89
40	45	17	143,12708	10,97	11,48	8,42
45	50	23	197,84634	14,84	15,87	8,60
50	55	10	58,44147	6,45	4,69	5,84
55	60	10	82,33359	6,45	6,60	8,23
60	65	3	29,01192	1,94	2,33	9,67
65	70	3	14,10316	1,94	1,13	4,70
70	75	1	9,17776	0,65	0,74	9,18
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	10	67,62381	6,45	5,42	6,76
115	120	7	50,51720	4,52	4,05	7,22
120	125	4	36,58228	2,58	2,93	9,15
125	130	6	59,86627	3,87	4,80	9,98
130	135	7	66,94083	4,52	5,37	9,56
135	140	9	50,82089	5,81	4,08	5,65
140	145	6	60,46236	3,87	4,85	10,08
145	150	6	49,31581	3,87	3,95	8,22
150	155	3	26,60120	1,94	2,13	8,87
155	160	5	43,74956	3,23	3,51	8,75
160	165	0	0,0	0,0	0,0	0,0
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

TABELA 3.24

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 51

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	1	3,37360	0,73	0,36	3,37
10	15	4	33,29559	2,92	3,59	8,32
15	20	8	46,73085	5,84	5,04	5,84
20	25	12	86,52007	8,76	9,34	7,21
25	30	7	52,16898	5,11	5,63	7,45
30	35	2	13,33690	1,46	1,44	6,67
35	40	6	49,82524	4,38	5,38	8,30
30	45	4	19,08955	2,92	2,06	4,77
45	50	10	62,78665	7,30	6,78	6,28
50	55	7	44,96143	5,11	4,85	6,42
55	60	4	37,34906	2,92	4,03	9,34
60	65	11	73,33353	8,03	7,92	6,67
65	70	5	45,93924	3,65	4,96	9,19
70	75	2	17,00142	1,46	1,84	8,50
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	1	4,86868	0,73	0,53	4,87
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	3	10,14840	2,19	1,10	3,38
120	125	10	75,44690	7,30	8,14	7,54
125	130	10	59,07245	7,30	6,38	5,91
130	135	3	18,34686	2,19	1,98	6,12
135	140	4	21,23798	2,92	2,29	5,31
140	145	5	40,84241	3,65	4,41	8,17
145	150	3	20,70171	2,19	2,23	6,90
150	155	2	9,94372	1,46	1,07	4,97
155	160	7	43,25560	5,11	4,67	6,18
160	165	2	11,44670	1,46	1,24	5,72
165	170	3	15,50195	2,19	1,67	5,17
170	175	1	9,92351	0,73	1,07	9,92
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.25

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 5 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	7	47,12790	3,20	2,75	6,73
15	20	5	50,28888	2,28	2,94	10,06
20	25	10	74,11421	4,57	4,33	7,41
25	30	14	111,20953	6,39	6,50	7,94
30	35	8	69,93477	3,65	4,09	8,74
35	40	8	52,27727	3,65	3,06	6,53
40	45	11	82,91396	5,02	4,85	7,54
45	50	19	150,25542	8,68	8,78	7,91
50	55	17	147,94611	7,76	8,65	8,70
55	60	22	150,95282	10,05	8,82	6,86
60	65	11	79,52029	5,02	4,65	7,23
65	70	6	52,50276	2,74	3,07	8,75
70	75	2	18,04369	0,91	1,05	9,02
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	1	8,95782	0,46	0,52	8,96
85	90	2	8,57262	0,91	0,50	4,29
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	1	8,25658	0,46	0,48	8,26
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	12	125,20543	5,48	7,32	10,43
120	125	11	90,57095	5,02	5,29	8,23
125	130	11	53,76689	5,02	3,14	4,89
130	135	6	48,19966	2,74	2,82	8,03
135	140	7	68,54700	3,20	4,01	9,79
140	145	11	81,49954	5,02	4,76	7,41
145	150	8	57,49849	3,65	3,36	7,19
150	155	5	52,82590	2,28	3,09	10,57
155	160	2	8,88798	0,91	0,52	4,44
160	165	1	9,10261	0,46	0,53	9,10
165	170	1	1,87314	0,46	0,11	1,87
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.26

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 5 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	1	16,45547	0,62	1,28	16,46
20	25	8	65,70630	4,94	5,09	8,21
25	30	3	18,01318	1,85	1,40	6,00
30	35	5	30,88678	3,09	2,39	6,18
35	40	11	88,17450	6,79	6,84	8,02
40	45	10	75,01843	6,17	5,82	7,50
45	50	5	52,07195	3,09	4,04	10,41
50	55	7	43,20427	4,32	3,35	6,17
55	60	5	18,87155	3,09	1,46	3,77
60	65	11	104,65083	6,79	8,11	9,51
65	70	12	118,09848	7,41	9,16	9,84
70	75	2	10,23473	1,23	0,79	5,12
75	80	2	16,26593	1,23	1,26	8,13
80	85	1	0,08886	0,62	0,01	0,09
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	1	8,63906	0,62	0,67	8,64
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	1	0,32057	0,62	0,02	0,32
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	13	104,24068	8,02	8,08	8,02
120	125	16	146,94800	9,88	11,39	9,18
125	130	7	58,67017	4,32	4,55	8,38
130	135	4	34,13852	2,47	2,65	8,35
135	140	4	24,73156	2,47	1,92	6,18
140	145	3	25,94267	1,85	2,01	8,65
145	150	7	52,81013	4,32	4,09	7,54
150	155	10	74,03717	6,17	5,74	7,40
155	160	5	28,48192	3,09	2,21	5,70
160	165	4	32,82335	2,47	2,54	8,21
165	170	3	27,72177	1,85	2,15	9,24
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	1	12,73324	0,62	0,99	12,73

TABELA 3.27DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 61

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	2	7,55124	0,83	0,40	3,78
10	15	4	29,88258	1,67	1,57	7,47
15	20	10	71,71663	4,17	3,77	7,17
20	25	7	50,89737	2,92	2,68	7,27
25	30	17	142,60658	7,08	7,51	8,39
30	35	13	101,14851	5,42	5,32	7,78
35	40	8	65,95200	3,33	3,47	8,24
40	45	10	82,96356	4,17	4,37	8,30
45	50	7	51,74660	2,92	2,72	7,39
50	55	7	51,57077	2,92	2,71	7,37
55	60	6	43,76544	2,50	2,30	7,29
60	65	21	194,46036	8,75	10,24	9,26
65	70	17	139,54410	7,00	7,34	8,21
70	75	6	43,17984	2,50	2,27	7,20
75	80	2	14,85592	0,83	0,78	7,43
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	1	6,17076	0,42	0,32	6,17
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	5	42,37343	2,08	2,23	8,47
110	115	22	156,58595	9,17	8,24	7,12
115	120	13	95,33209	5,42	5,02	7,33
120	125	13	117,28648	5,42	6,17	9,02
125	130	8	66,13115	3,33	3,48	8,27
130	135	4	41,08113	1,67	2,16	10,27
135	140	6	45,47806	2,50	2,39	7,58
140	145	5	39,99678	2,08	2,11	8,00
145	150	5	51,55621	2,08	2,71	10,31
150	155	4	14,60947	1,67	0,77	3,65
155	160	4	37,77194	1,67	1,99	9,44
160	165	5	42,62950	2,08	2,24	8,53
165	170	5	35,64421	2,08	1,88	7,13
170	175	3	15,43040	1,25	0,81	5,14
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.28

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 6 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	2	13,31382	0,75	0,60	6,66
15	20	7	69,03557	2,64	3,12	9,86
20	25	6	65,36305	2,26	2,96	10,89
25	30	11	111,07507	4,15	5,02	10,10
30	35	12	103,52374	4,53	4,68	8,63
35	40	17	133,38457	6,42	6,03	7,85
40	45	10	77,41779	3,77	3,50	7,74
45	50	7	42,05727	2,64	1,90	6,01
50	55	6	39,35861	2,26	1,78	6,56
55	60	13	94,69676	4,91	4,28	7,28
60	65	32	241,53156	12,08	10,92	7,55
65	70	28	214,32051	10,57	9,69	7,65
70	75	7	62,79480	2,64	2,84	8,97
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	2	13,25366	0,75	0,60	6,63
90	95	2	10,02073	0,75	0,45	5,01
95	100	1	6,11856	0,38	0,28	6,12
100	105	1	6,16603	0,38	0,28	6,17
105	110	3	31,57039	1,13	1,43	10,52
110	115	26	235,96777	9,81	10,67	9,08
115	120	21	169,54904	7,92	7,67	8,07
120	125	3	34,63046	1,13	1,57	11,54
125	130	3	25,68968	1,13	1,16	8,56
130	135	5	39,15041	1,89	1,77	7,83
135	140	2	28,54121	0,75	1,29	14,27
140	145	14	107,35564	5,28	4,85	7,67
145	150	9	96,54312	3,40	4,36	10,73
150	155	8	54,71472	3,02	2,47	6,84
155	160	2	26,09531	0,75	1,18	13,05
160	165	3	35,61554	1,13	1,61	11,87
165	170	1	15,76173	0,38	0,71	15,76
170	175	1	7,26439	0,38	0,33	7,26
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.29

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 6 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	11	107,44572	4,66	4,61	9,77
20	25	12	123,70552	5,08	5,31	10,31
25	30	6	39,18497	2,54	1,68	6,53
30	35	12	106,05927	5,08	4,55	8,84
35	40	11	74,81125	4,66	3,21	6,80
40	45	7	77,36191	2,97	3,32	11,05
45	50	8	71,99866	3,39	3,09	9,00
50	55	4	43,70079	1,69	1,88	10,93
55	60	14	148,98477	5,93	6,40	10,64
60	65	12	97,75366	5,08	4,20	8,15
65	70	14	138,53453	5,93	5,95	9,90
70	75	16	161,09047	6,78	6,92	10,07
75	80	2	26,50739	0,85	1,14	13,25
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	1	9,60031	0,42	0,41	9,60
90	95	1	3,93236	0,42	0,17	3,93
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	1	10,72248	0,42	0,46	10,72
110	115	8	67,60989	3,39	2,90	8,45
115	120	15	177,47081	6,36	7,62	11,83
120	125	12	117,06802	5,08	5,03	9,76
125	130	12	124,10356	5,08	5,33	10,34
130	135	5	37,94667	2,12	1,63	7,59
135	140	5	45,10393	2,12	1,94	9,02
140	145	7	79,27879	2,97	3,40	11,33
145	150	1	0,27271	0,42	0,01	0,27
150	155	7	38,03630	2,97	1,63	5,43
155	160	13	171,03712	5,51	7,35	13,16
160	165	10	122,58603	4,24	5,26	12,26
165	170	8	87,91263	3,39	3,78	10,99
170	175	1	18,59935	0,42	0,80	18,60
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.30

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 71

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	2	16,92033	0,90	0,99	8,46
15	20	3	28,43094	1,36	1,67	9,48
20	25	0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	30	10	84,74924	4,52	4,98	8,47
30	35	12	52,56360	5,43	3,09	4,38
35	40	5	27,95920	2,26	1,64	5,59
40	45	3	22,82828	1,36	1,34	7,61
45	50	5	45,04768	2,26	2,64	9,01
50	55	15	100,36467	6,79	5,89	6,69
55	60	19	169,69356	8,60	9,96	8,93
60	65	22	165,80563	9,95	9,73	7,54
65	70	9	45,94449	4,07	2,70	5,10
70	75	5	23,92035	2,26	1,40	4,78
75	80	1	9,67498	0,45	0,57	9,67
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	1	4,93466	0,45	0,29	4,93
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	4	27,25089	1,81	1,60	6,81
110	115	10	87,68094	4,52	5,15	8,77
115	120	11	89,94908	4,98	5,28	8,18
120	125	10	118,24266	4,52	6,94	11,82
125	130	16	101,75847	7,24	5,97	6,36
130	135	9	79,12608	4,07	4,64	8,79
135	140	3	23,42073	1,36	1,37	7,81
140	145	4	54,72720	1,81	3,21	13,68
145	150	5	37,94704	2,26	2,23	7,59
150	155	2	7,09617	0,90	0,42	3,55
155	160	10	80,68781	4,52	4,74	8,07
160	165	15	130,51237	6,79	7,66	8,70
165	170	7	57,11070	3,17	3,35	8,16
170	175	2	5,96983	0,90	0,35	2,98
175	180	1	3,18196	0,45	0,19	3,18

TABELA 3.31

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 72

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	2	14,66259	0,88	0,79	7,33
10	15	1	13,13931	0,44	0,71	13,14
15	20	3	21,96400	1,32	1,19	7,32
20	25	2	6,74812	0,88	0,37	3,37
25	30	7	44,53102	3,07	2,41	6,36
30	35	2	28,94423	0,88	1,57	14,47
35	40	5	16,78238	2,19	0,91	3,36
40	45	3	31,25093	1,32	1,69	10,42
45	50	5	47,65892	2,19	2,58	9,53
50	55	7	51,82855	3,07	2,81	7,40
55	60	10	88,26910	4,39	4,78	8,83
60	65	16	122,73734	7,02	6,65	7,67
65	70	15	82,86339	6,58	4,49	5,52
70	75	2	10,74887	0,88	0,58	5,37
75	80	2	24,75931	0,88	1,34	12,38
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	2	11,22690	0,88	0,61	5,61
90	95	1	4,89513	0,44	0,27	4,90
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	1	0,97425	0,44	0,05	0,97
105	110	1	1,77288	0,44	0,10	1,77
110	115	10	52,87488	4,39	2,87	5,29
115	120	28	310,17676	12,28	16,81	11,08
120	125	16	139,05362	7,02	7,54	8,69
125	130	6	40,38777	2,63	2,19	6,73
130	135	11	71,91832	4,82	3,90	6,54
135	140	6	49,59613	2,63	2,69	8,27
140	145	14	108,94423	6,14	5,91	7,78
145	150	9	66,64565	3,95	3,61	7,41
150	155	10	113,35680	4,39	6,14	11,34
155	160	11	86,86389	4,82	4,71	7,90
160	165	8	82,67352	3,51	4,48	10,33
165	170	9	64,16295	3,95	3,48	7,13
170	175	3	32,35139	1,32	1,75	10,78
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.32

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 7 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	1	8,05046	0,55	0,48	8,05
15	20	8	81,21683	4,37	4,84	10,15
20	25	6	55,29486	3,28	3,29	9,22
25	30	0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	35	5	45,93196	2,73	2,74	9,19
35	40	5	27,51981	2,73	1,64	5,50
40	45	2	6,44427	1,09	0,38	3,22
45	50	4	22,97820	2,19	1,37	5,74
50	55	6	44,28595	3,28	2,64	7,38
55	60	8	80,63980	4,37	4,80	10,08
60	65	13	154,63771	7,10	9,21	11,90
65	70	9	82,45215	4,92	4,91	9,16
70	75	4	20,79480	2,19	1,24	5,20
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	2	14,56791	1,09	0,87	7,28
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	2	8,19832	1,09	0,49	4,10
115	120	13	115,18196	7,10	6,86	8,86
120	125	13	112,44525	7,10	6,70	8,65
125	130	12	128,14000	6,56	7,63	10,68
130	135	12	131,57016	6,56	7,84	10,96
135	140	9	87,20978	4,92	5,20	9,69
140	145	6	67,54463	3,28	4,02	11,26
145	150	4	29,50827	2,19	1,76	7,38
150	155	6	50,10045	3,28	2,98	8,35
155	160	14	131,04021	7,65	7,81	9,36
160	165	14	123,76857	7,65	7,37	8,84
165	170	5	48,90250	2,73	2,91	9,78
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.33

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 81

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	1	7,76567	0,67	0,59	7,77
15	20	6	49,73898	4,00	3,79	3,29
20	25	12	110,34941	8,00	8,41	9,20
25	30	2	9,87015	1,33	0,75	4,94
30	35	3	33,88484	2,00	2,58	11,29
35	40	0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	45	3	31,40906	2,00	2,39	10,47
45	50	4	36,45836	2,67	2,78	9,11
50	55	6	38,23717	4,00	2,91	6,37
55	60	11	123,62666	7,33	9,42	11,24
60	65	13	100,81975	8,67	7,68	7,76
65	70	15	141,92401	10,00	10,82	9,46
70	75	6	45,56026	4,00	3,47	7,59
75	80	1	5,34621	0,67	0,41	5,35
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	1	3,80763	0,67	0,29	3,81
110	115	1	3,01523	0,67	0,23	3,02
115	120	2	21,53140	1,33	1,64	10,77
120	125	7	62,71982	4,67	4,78	8,96
125	130	14	115,31227	9,33	8,79	8,24
130	135	15	155,87070	10,00	11,88	10,39
135	140	5	44,30260	3,33	3,38	8,86
140	145	2	32,47186	1,33	2,47	16,24
145	150	0	0,0	0,0	0,0	0,0
150	155	3	15,54470	2,00	1,18	5,18
155	160	3	20,03673	2,00	1,53	6,68
160	165	10	72,10153	6,67	5,50	7,21
165	170	4	30,38373	2,67	2,32	7,60
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.34

DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 8 2

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MÉDIO
0	5	0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	4	24,20651	2,45	1,71	6,05
20	25	3	18,92117	1,84	1,34	6,31
25	30	8	70,91063	4,91	5,00	8,86
30	35	6	65,48445	3,68	4,62	10,91
35	40	2	21,86549	1,23	1,54	10,93
40	45	7	46,92856	4,29	3,31	6,70
45	50	6	45,02966	3,68	3,18	7,50
50	55	4	9,86596	2,45	0,70	2,47
55	60	13	79,02965	7,98	5,58	6,08
60	65	20	230,35075	12,27	16,25	11,52
65	70	15	115,33658	9,20	8,14	7,69
70	75	5	41,53394	3,07	2,93	8,31
75	80	2	12,86641	1,23	0,91	6,43
80	85	1	7,79083	0,61	0,55	7,79
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	1	17,12463	0,61	1,21	17,12
115	120	8	47,81859	4,91	3,37	5,98
120	125	6	35,11084	3,68	2,48	5,85
125	130	20	190,67180	12,27	13,45	9,53
130	135	8	69,45558	4,91	4,90	8,68
135	140	2	14,65758	1,23	1,03	7,33
140	145	2	9,02527	1,23	0,64	4,51
145	150	4	44,99957	2,45	3,18	11,25
150	155	3	54,73904	1,84	3,86	18,25
155	160	10	115,57521	6,13	8,15	11,56
160	165	3	27,99515	1,84	1,98	9,33
165	170	0	0,0	0,0	0,0	0,0
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	0	0,0	0,0	0,0	0,0

TABELA 3.35DADOS REFERENTES AOS LINEAMENTOS DA CELA 8 3

LI	LS	NO.	COMP.	% NO.	% COMP.	COMP. MEDIO
0	5	1	4,61872	0,59	0,30	4,62
5	10	0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	15	0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20	1	9,69449	0,59	0,63	9,69
20	25	6	49,75342	3,53	3,25	8,29
25	30	0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	35	9	82,49858	5,29	5,39	9,17
35	40	3	17,91537	1,76	1,17	5,97
40	45	6	.53,58105	3,53	3,50	8,93
45	50	4	34,83923	2,35	2,28	8,71
50	51	19	182,47478	11,18	11,93	9,60
55	60	20	183,95242	11,76	12,02	9,20
60	65	16	154,16017	9,41	10,07	9,64
65	70	2	6,49695	1,18	0,42	3,25
70	75	3	15,05041	1,76	0,98	5,02
75	80	0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	85	0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	90	0	0,0	0,0	0,0	0,0
90	95	0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	105	0	0,0	0,0	0,0	0,0
105	110	0	0,0	0,0	0,0	0,0
110	115	0	0,0	0,0	0,0	0,0
115	120	6	61,66039	3,53	4,03	10,28
120	125	13	128,89310	7,65	8,42	9,91
125	130	12	114,98749	7,06	7,51	9,58
130	135	3	25,54494	1,76	1,67	8,51
135	140	2	20,11302	1,18	1,31	10,06
140	145	2	21,22458	1,18	1,39	10,61
145	150	6	43,14166	3,53	2,82	7,19
150	155	3	25,82227	1,76	1,69	8,61
155	160	15	130,72646	8,82	8,54	8,72
160	165	15	122,24249	8,82	7,99	8,15
165	170	2	25,06602	1,18	1,64	12,53
170	175	0	0,0	0,0	0,0	0,0
175	180	1	15,70495	0,59	1,03	15,70

3.4 - INTERPRETAÇÃO DOS LINEAMENTOS

Os procedimentos descritos na Seção anterior possibilitaram uma visualização das tendências estruturais existentes na região de estudo, permitindo a definição de zonas preferenciais de concentração de lineamentos. Por sua vez, a investigação dos "trends" regionais definidos por estas feições mostrou-se de fundamental importância para a integração das anomalias morfoestruturais no contexto tectônico da bacia. Tal integração foi realizada comparando o padrão de distribuição das anomalias morfoestruturais com a configuração dos feixes de lineamentos (faixas estruturais) observados nas imagens.

3.4.1 - SIGNIFICADO GEOLÓGICO DOS LINEAMENTOS NAS BACIAS PALEOZOÍCAS BRASILEIRAS

O panorama geológico das bacias paleozoicas brasileiras não apresenta, aparentemente, evidências de grande movimentação tectônica. Como consequência, é muito pequena a gama de estruturas geradas nestes locais. Com base em tal constatação, Soares et alii (1982) acreditaram que os lineamentos que aí ocorrem representam o reflexo em superfície de descontinuidades profundas, possivelmente falhas. Segundo eles, alguns fatores corroboram esta interpretação, tais como a grande extensão dos lineamentos em superfície, sua influência no mergulho regional do acamamento e a concordância de alguns deles com direções de falhas pré-cambrianas.

Soares et alii (1982) notaram ainda que os lineamentos tendem a se concentrar preferencialmente em certas porções do terreno. A distribuição e a forma de ocorrência destas feições mostram claramente a predominância de algumas direções ao nível regional. Além disso, eles observaram que os principais feixes de lineamentos, denominados *faixas estruturais*, correlacionam-se com as orientações das estruturas geológicas mapeadas em superfície. Fortes alinhamentos magnéticos e faixas de máximos magnéticos também exibem, em alguns pontos, direção e posição geográfica coerentes com as faixas estruturais identificadas nas imagens.

Finalmente, Soares et alii (1982) afirmaram que algumas conotações geológicas a respeito das faixas estruturais podem ser enunciadadas da seguinte maneira:

- a) as faixas estruturais representam zonas de maior mobilidade tectônica, visto que as falhas reconhecidas em superfície parecem agrupar-se dentro delas;
- b) as faixas estruturais constituem elementos paleotectônicos presentes durante a evolução das bacias, podendo atuar no condicionamento de sua geometria;
- c) algumas faixas estruturais parecem ser superpostas a grandes estruturas do embasamento;
- d) certas faixas são caracterizadas por movimentos positivos, sistematicamente posicionados em um de seus lados, configurando flexuras falhadas. Outras apresentam altos sistematicamente dispostos em seu interior, à semelhança de anticlinais alongados;
- e) algumas faixas estruturais particularizam-se por estarem intensamente intrudidas por diques de diabásio.

De certa forma, poder-se-ia questionar, portanto, se as bacias paleozóicas, incluindo-se aqui principalmente a bacia do Amazonas, têm um caráter tectônico/estrutural pouco pronunciado, como se julga normalmente.

3.4.2 - DEFINIÇÃO DE FAIXAS ESTRUTURAIS NA ÁREA DE ESTUDO

O algoritmo "smoothing" (Figura 3.15) definiu cinco direções estruturalmente significativas na área, que correspondem aos valores máximos da distribuição por azimute da soma dos comprimentos dos lineamentos. A partir deste resultado, foram estabelecidas as seguintes faixas estruturais:

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

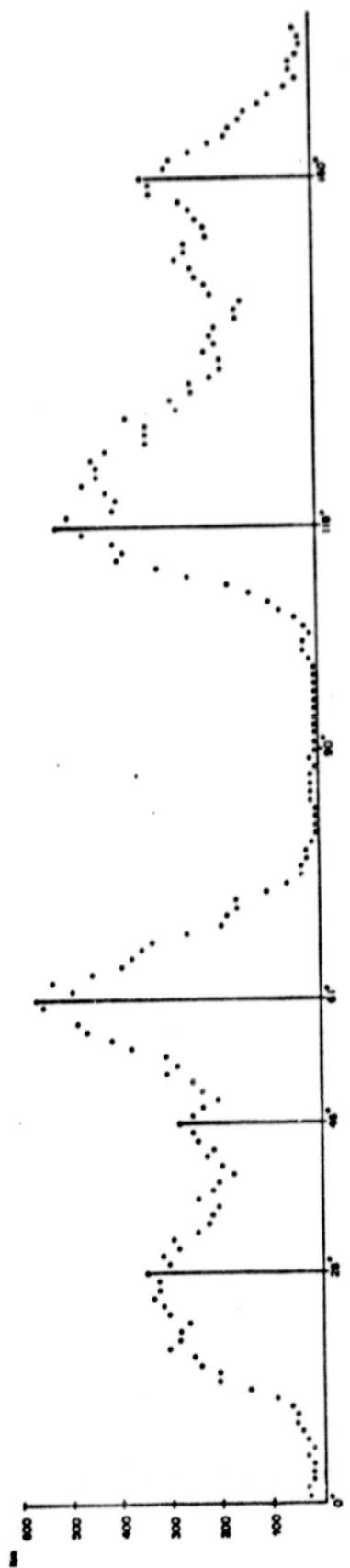


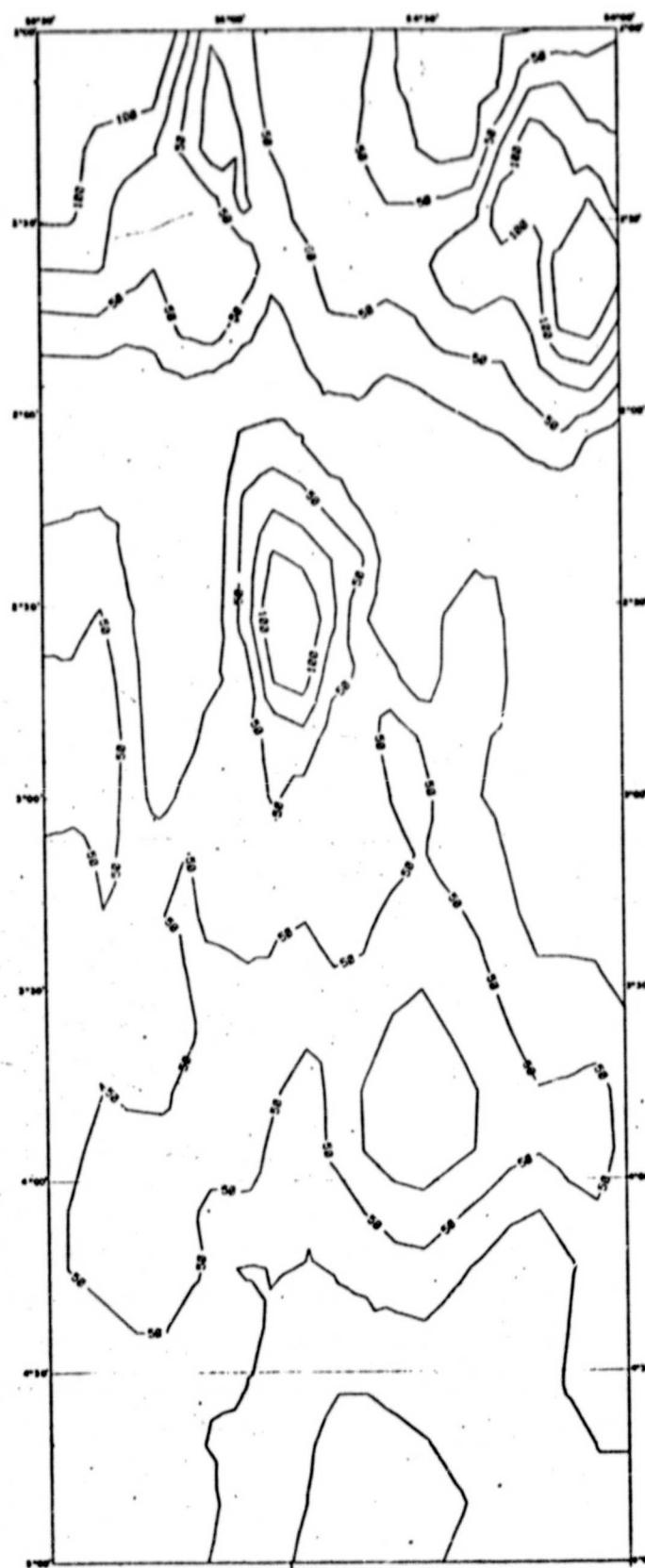
Fig. 3.15 - "Smoothing" da distribuição por azimute da soma dos comprimentos dos lineamentos, com $m=3$ - A equação de Smoothing é $\bar{e} = (a+b+c)/3$.

- Faixa Estrutural I - Azimutes 20 a 30 (N20-30E).
- Faixa Estrutural II - Azimutes 40 a 50 (N40-50E).
- Faixa Estrutural III - Azimutes 60 a 70 (N60-70E).
- Faixa Estrutural IV - Azimutes 110 a 120 (N60-70W).
- Faixa Estrutural V - Azimutes 155 a 165 (N15-25W).

As Figuras 3.16 a 3.20 apresentam os mapas de densidade de lineamentos por classe de azimute que correspondem às faixas estruturais propostas. Os valores máximos de densidade para cada classe são explicitados a seguir:

- classe 20 a 30 - aproximadamente 125 metros de lineamentos/km²;
- classe 40 a 50 - aproximadamente 100 metros de lineamentos/km²;
- classe 60 a 70 - aproximadamente 150 metros de lineamentos/km²;
- classe 110 a 120 - aproximadamente 175 metros de lineamentos/km²;
- classe 160 a 170 - aproximadamente 125 metros de lineamentos/km².

Além das faixas estruturais supra mencionadas, verificou-se a existência de uma zona de alta densidade de lineamentos no canto NE da área estudada, muito importante porque nela está localizado o domo de Monte Alegre (anomalia morfoestrutural 23, Mapa 1). Esta zona apresenta uma densidade máxima de, aproximadamente, 100 metros de lineamentos/km², conforme a Figura 3.21. Julgou-se conveniente, portanto, definir esta zona como uma faixa estrutural específica, não-realçada no "smoothing", que abrange o intervalo de azimutes N05W a N05E, sendo denominada faixa estrutural VI. Tal decisão foi tomada tendo em vista a associação desta faixa estrutural com o tectonismo que originou o domo de Monte Alegre, a despeito da baixa freqüência de lineamentos que a caracteriza (37 lineamentos).



ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

Fig. 3.16 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (20 a 30 graus).

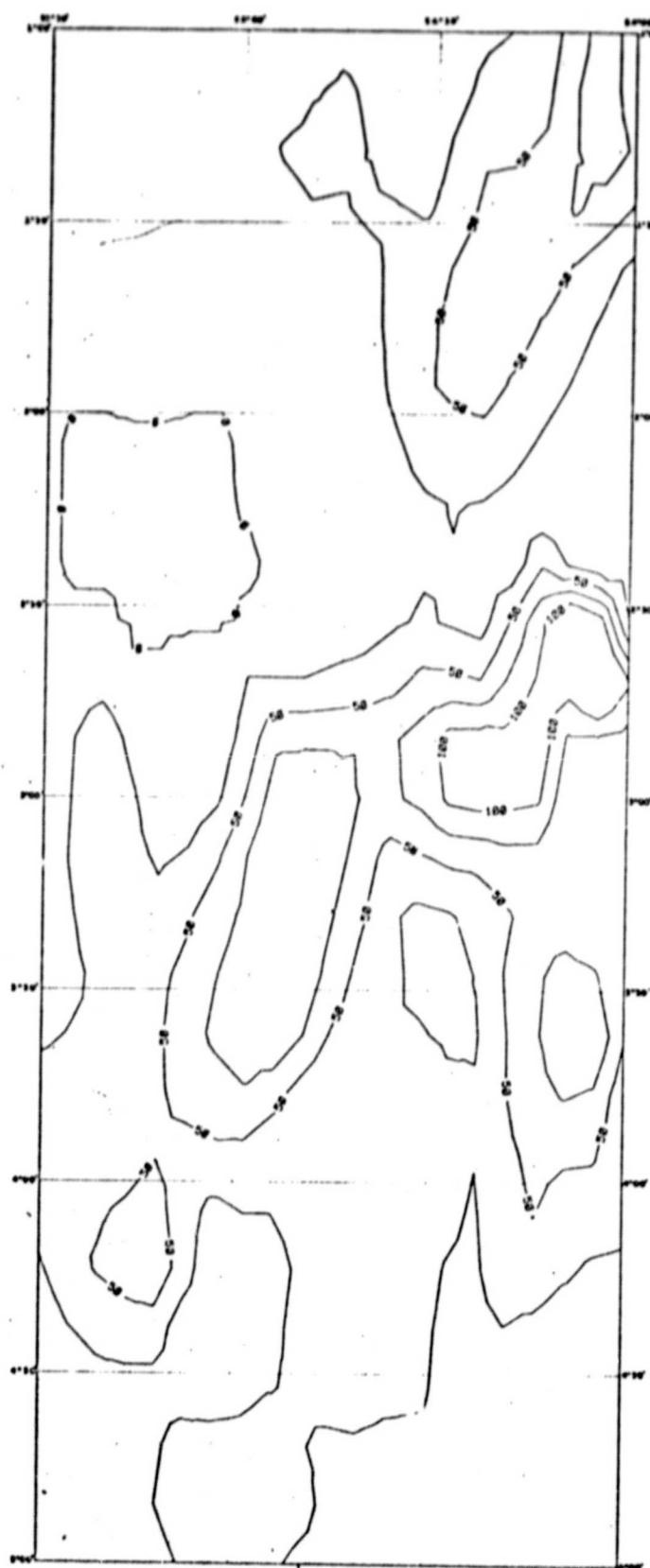


Fig. 3.17 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (40 a 50 graus).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

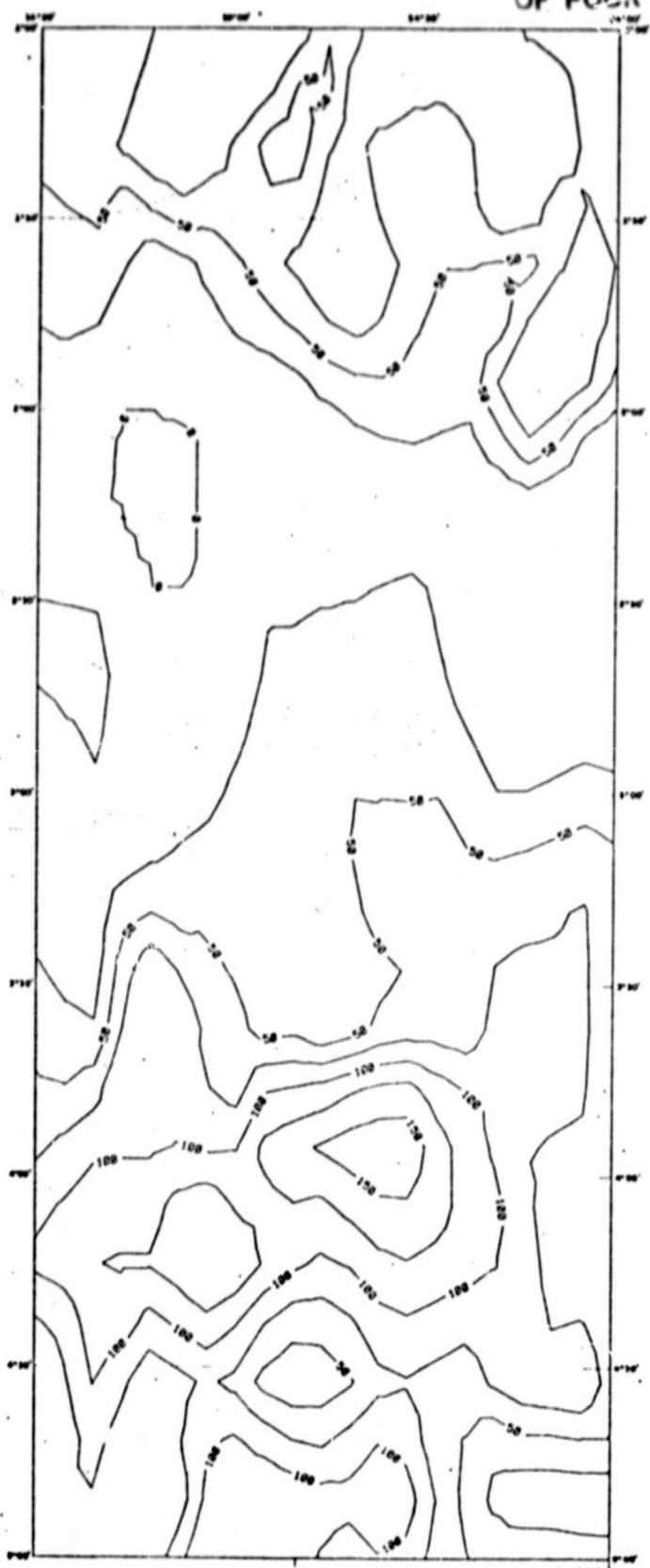


Fig. 3.18 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (60 a 70 graus).

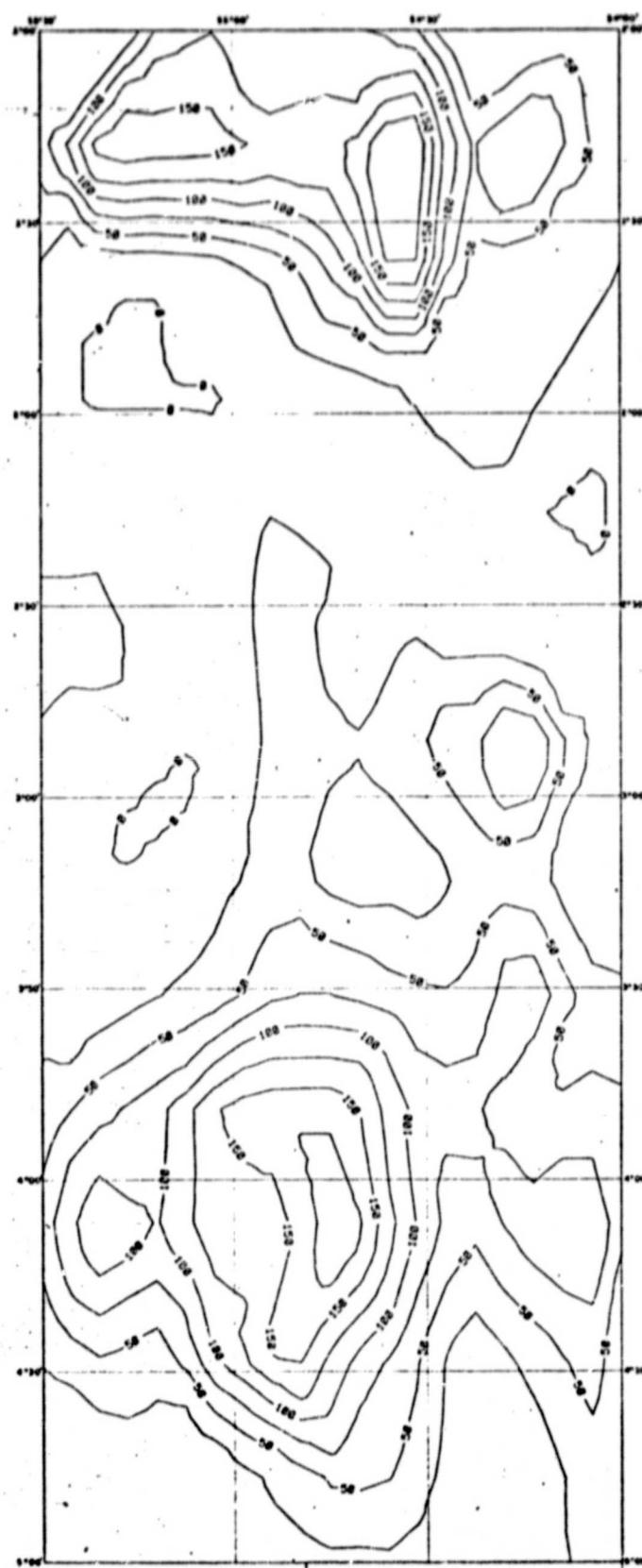


Fig. 3.19 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (110 a 120 graus).

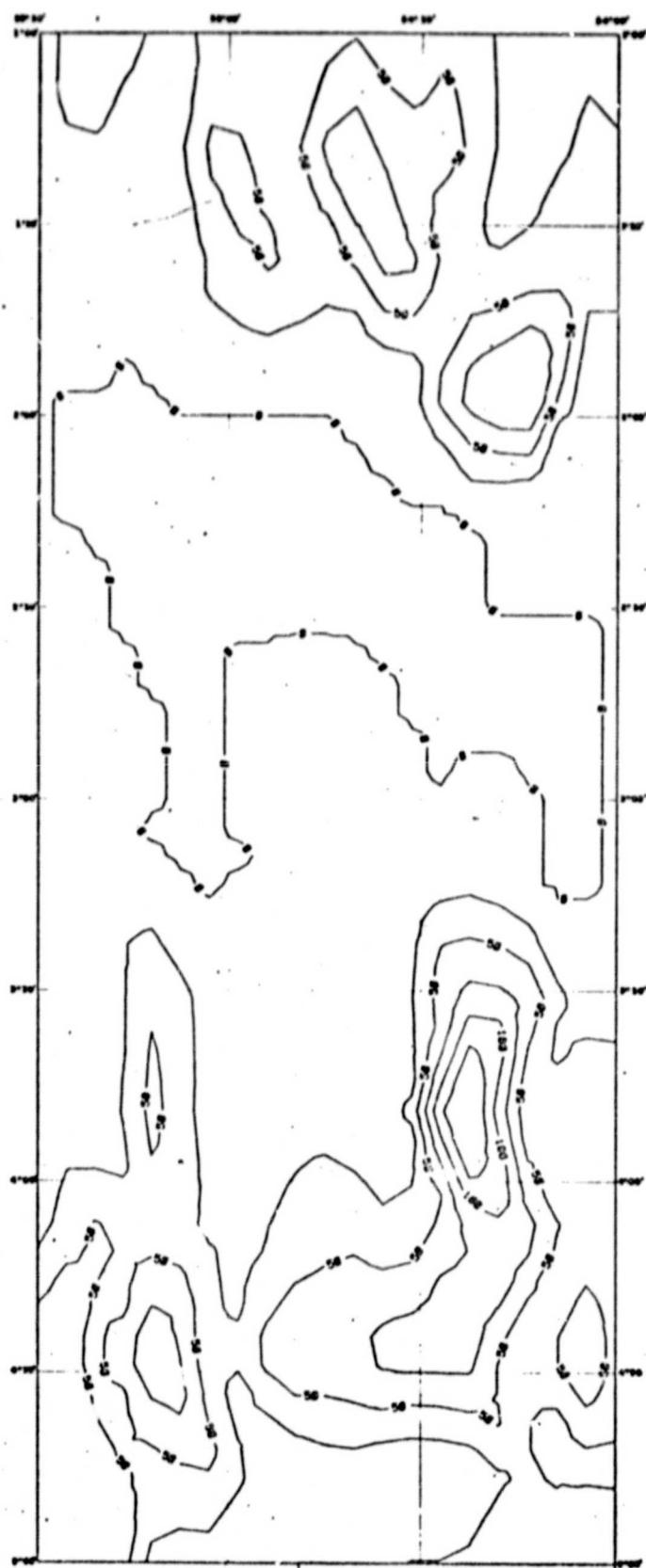


Fig. 3.20 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (160 a 170 graus).

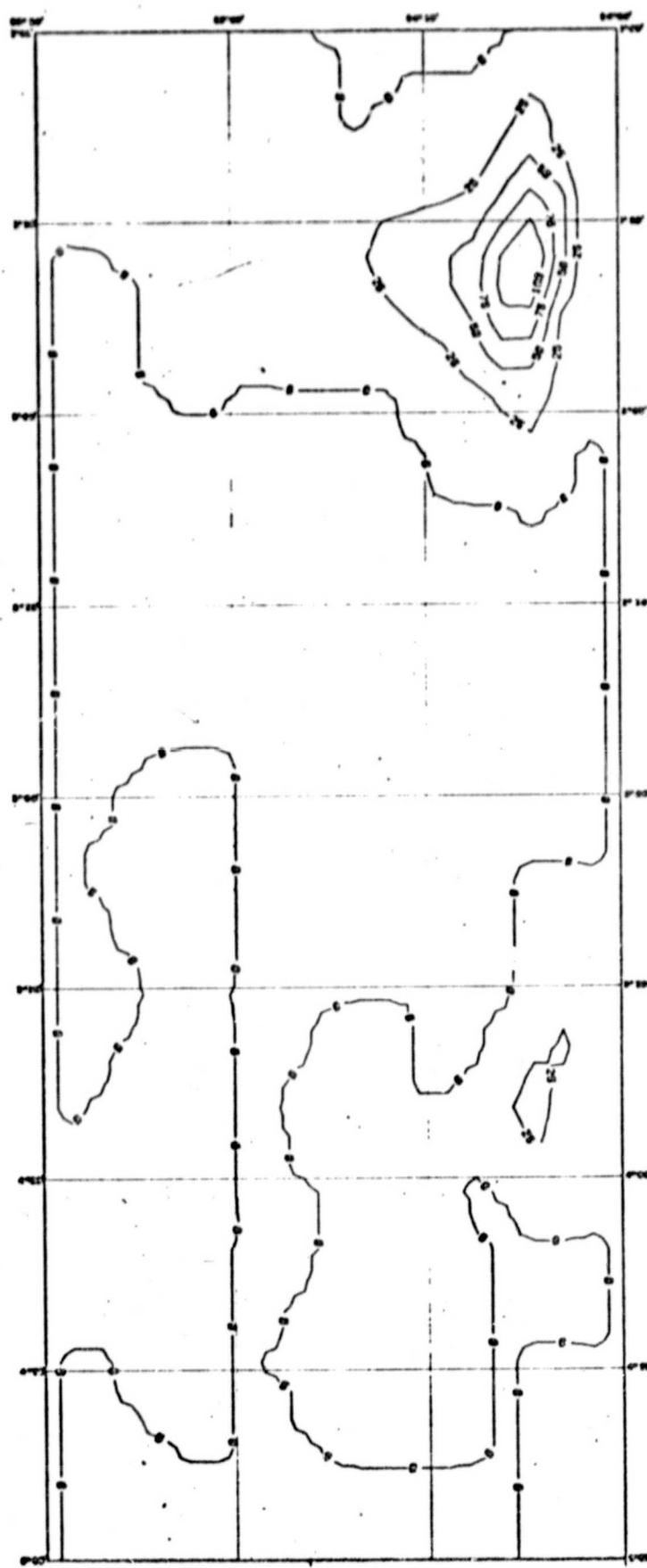


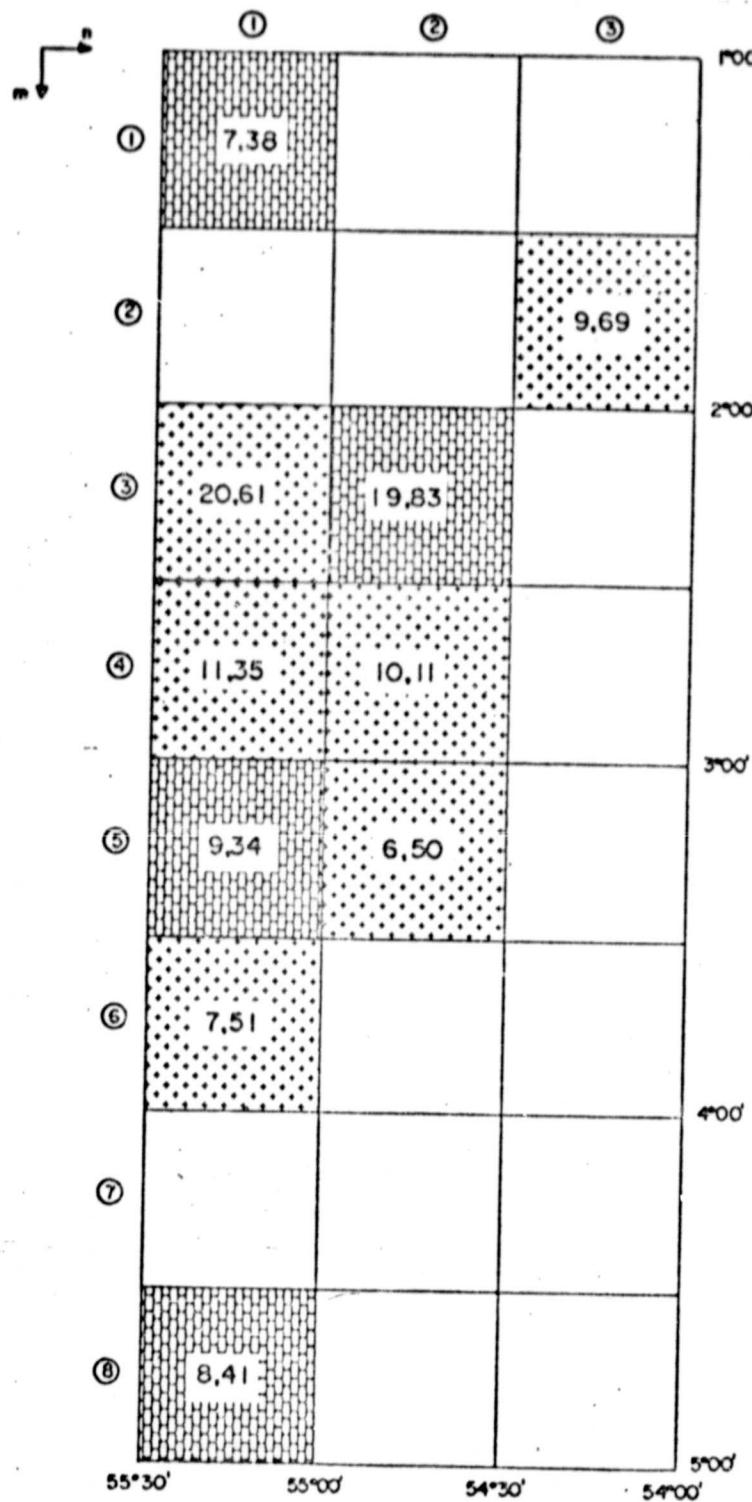
Fig. 3.21 - Mapa de densidade de lineamentos por classe de azimute (170 a 180 graus).

Finalmente, procurou-se estabelecer uma compartimentação estrutural na área, através da delimitação das zonas de predominância no terreno de cada uma das faixas estruturais acima definidas. Isto foi realizado determinando as modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos (coluna % COMP. nas Tabelas 3.12 a 3.35).

As Figuras 3.22 a 3.26 exibem a disposição das modas consideradas para as faixas I, II, III, IV e V. Foram desprezados os valores inferiores a cinco e meio por cento. Adotou-se tal procedimento a partir da constatação de que as modas superiores a cinco e meio por cento distribuiam-se de modo sistemático na superfície, refletindo aparentemente algum tipo de condicionamento geológico.

Para a faixa estrutural VI, de baixa freqüência de lineamentos, foram consideradas as modas superiores a 1,5% (um e meio por cento), conforme ilustrado na Figura 3.27, visto que elas se concentram sugestivamente nas cercanias do domo de Monte Alegre.

As Figuras 3.28, 3.29 e 3.30 mostram a distribuição das faixas estruturais na área em apreço, com seus limites traçados a partir das Figuras 3.22 a 3.27, demarcando, a grosso modo, sua zona de influência nesta parte da bacia.



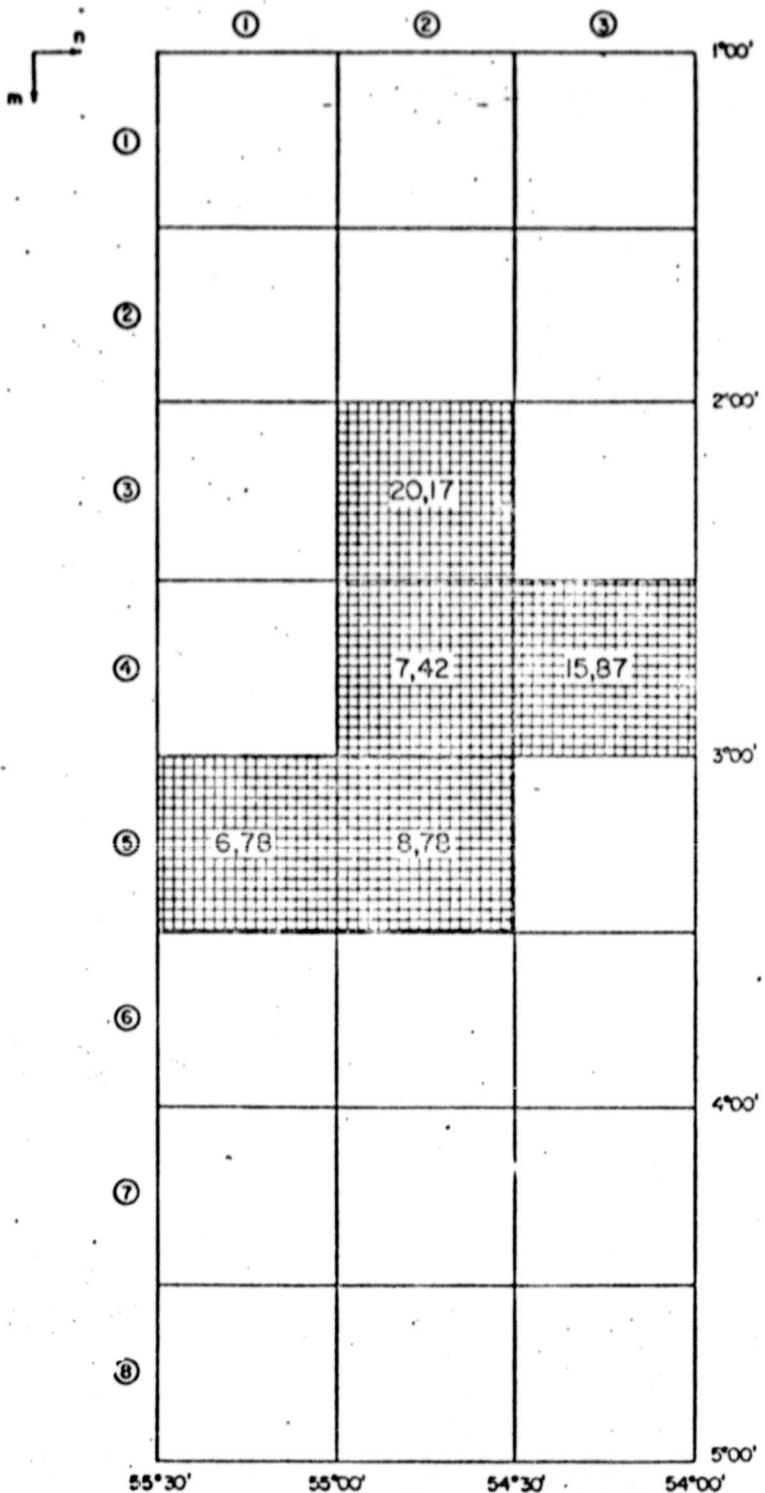
(m,n) - índices que identificam a celas

$\left\{ \begin{array}{l} m - \text{número da linha} \\ n - \text{número da coluna} \end{array} \right.$

Azimutes 20-25 (N20-25 E)

Azimutes 25-30 (N25-30 E)

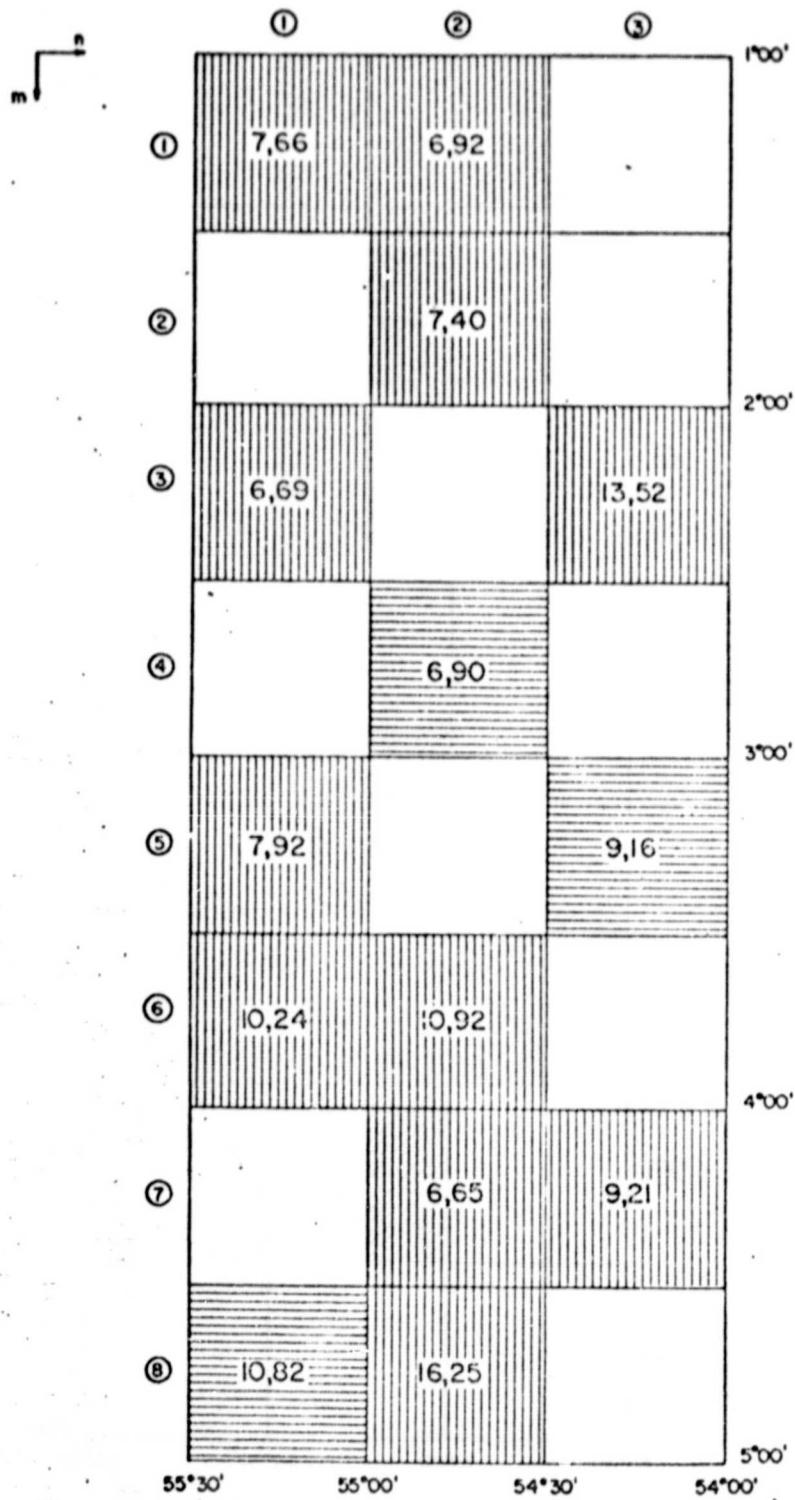
Fig. 3.22 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N20-30E.



(m,n) - índices que identificam o celo m - número da linha
n - número da coluna

Azimutes 45-50 (N 45-50E)

Fig. 3.23 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N40-50E.



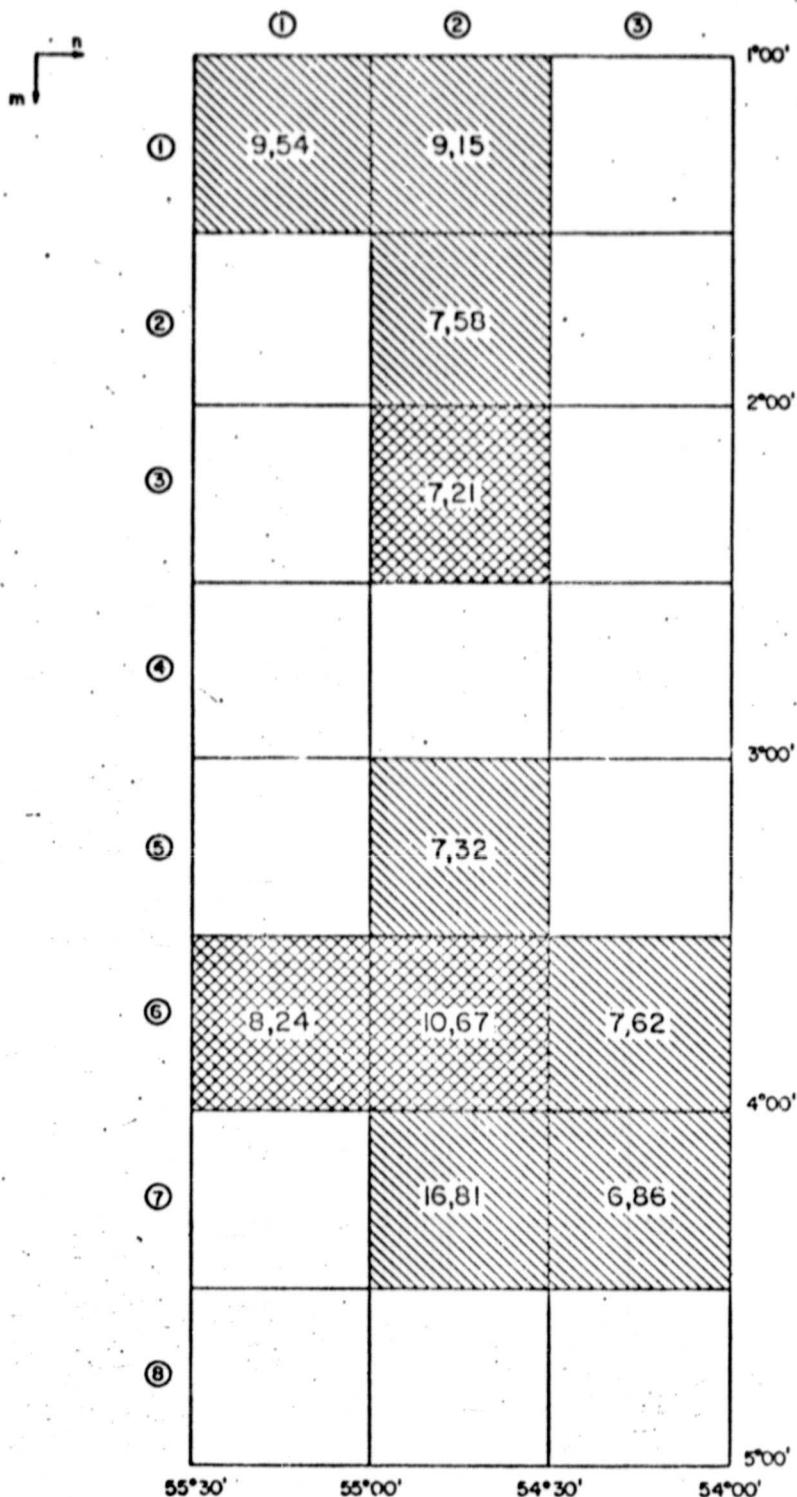
(m,n) - índices que identificam a cela

$\left\{ \begin{array}{l} m - \text{número da linha} \\ n - \text{número da coluna} \end{array} \right.$

Azimutes 60-65 (■■■) (N 60 - 65 E)

Azimutes 65-70 (■■) (N 65 - 70 E)

Fig. 3.24 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N60-70E.



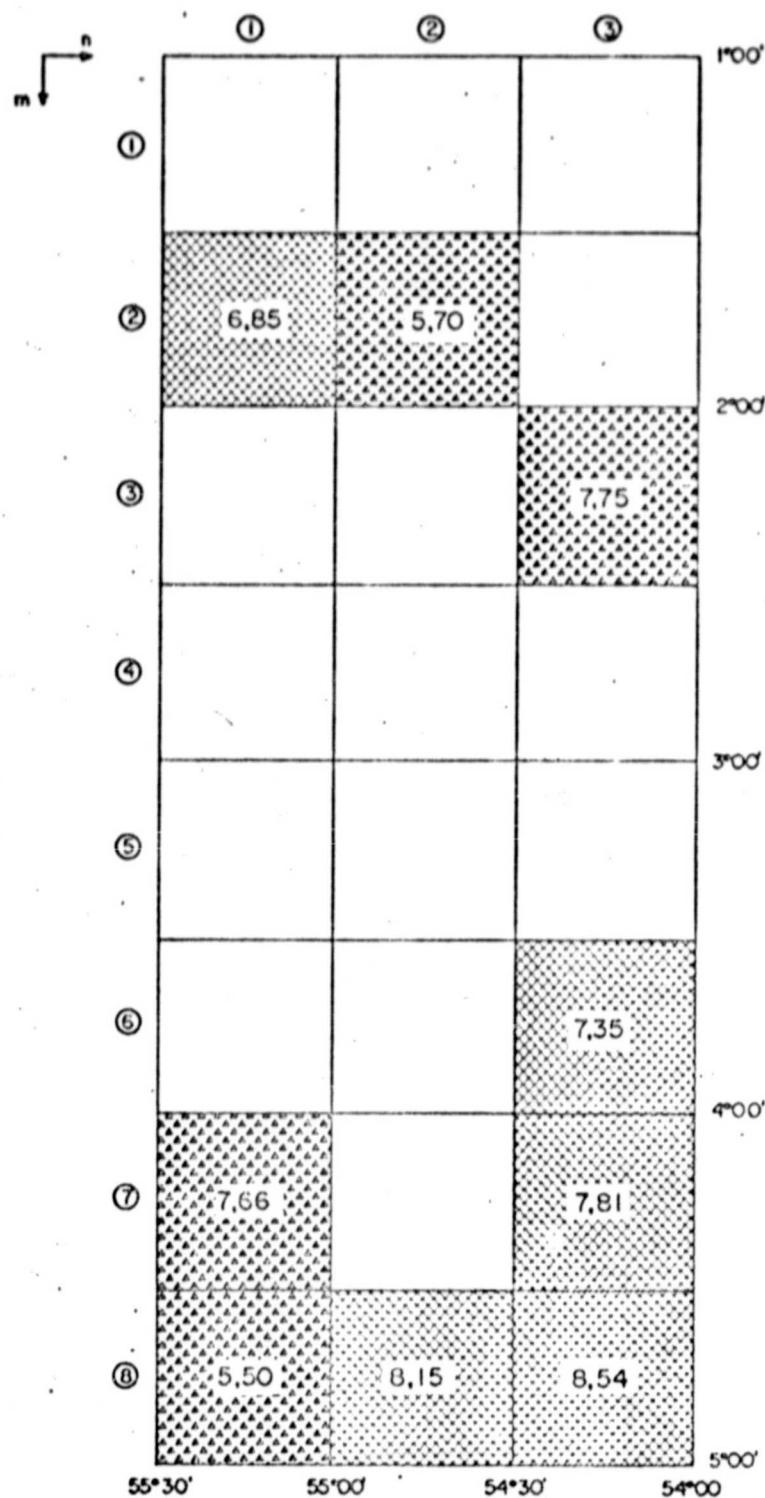
{(m,n)} - índices que identificam a cela

$\begin{cases} m - \text{número da linha} \\ n - \text{número da coluna} \end{cases}$

Azimutes 115-120

Azimutes 110-115

Fig. 3.25 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N60-70W.



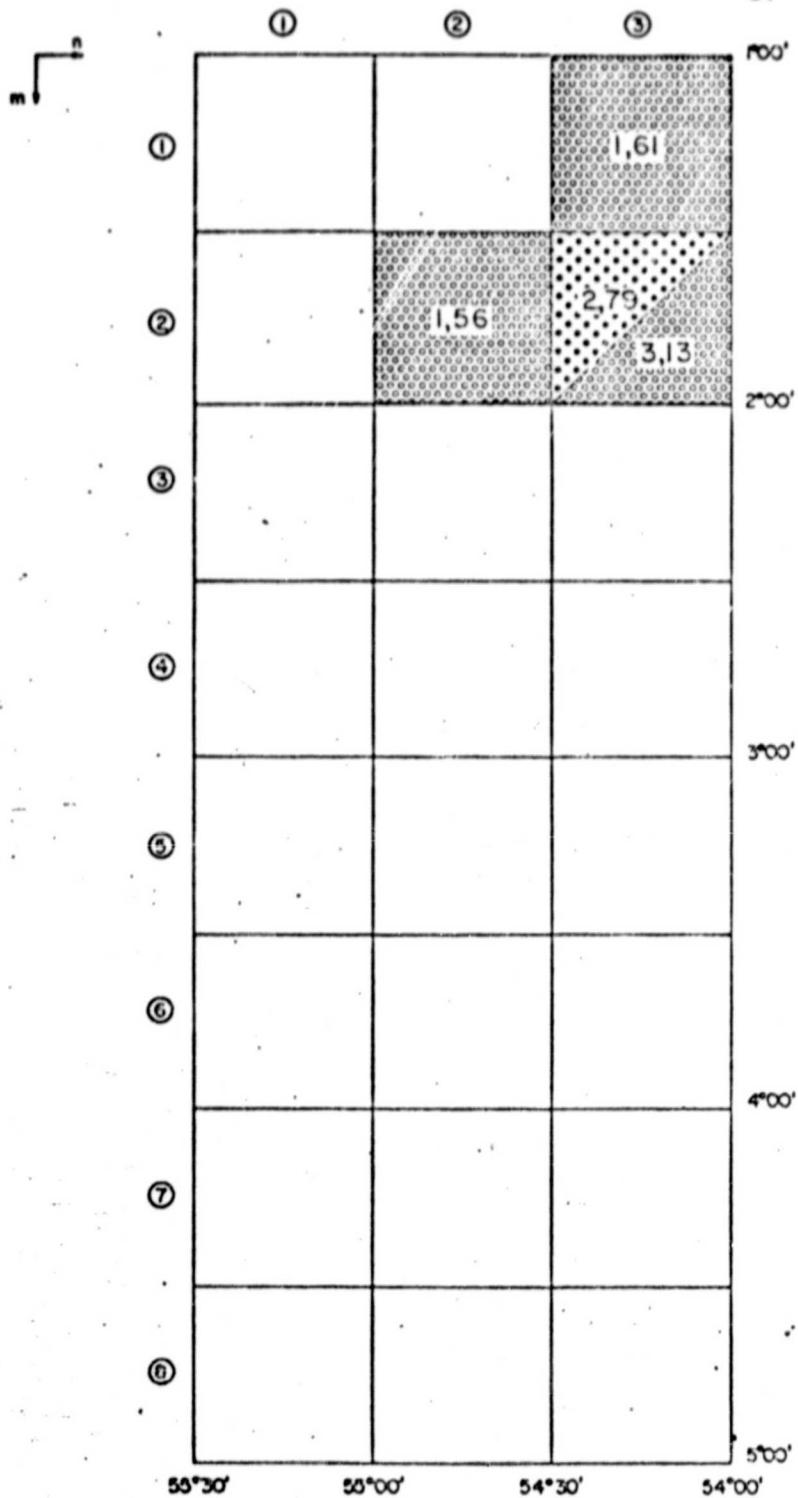
(m,n) - índices que identificam a cela

$\left\{ \begin{array}{l} m - \text{número da linha} \\ n - \text{número da coluna} \end{array} \right.$

Azimutes 160-165 (N15 - 20W)

Azimutes 155-160 (N20 - 25W)

Fig. 3.26 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N15-25W.



(m,n) - índices que identificam a cela $\begin{cases} m - \text{número da linha} \\ n - \text{número da coluna} \end{cases}$

Azimutes 175-180 (N05-00W)

Azimutes 0-5 (N00-05E)

Fig. 3.27 - Disposição das modas da distribuição percentual da soma dos comprimentos - estruturação N05W-N05E.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

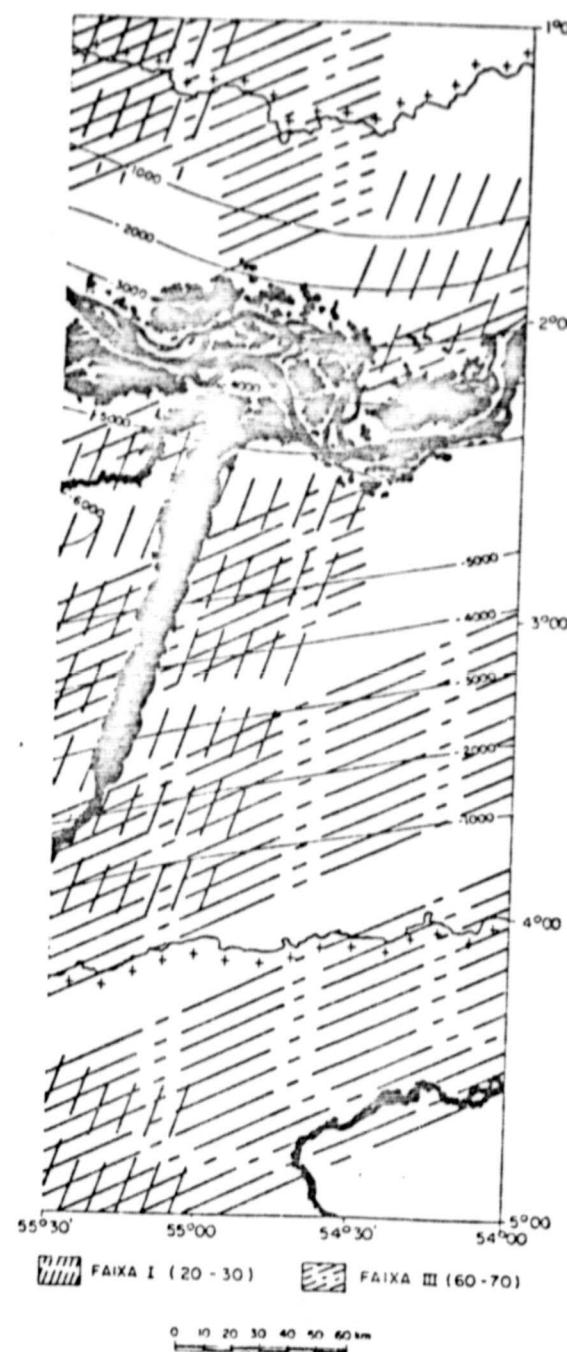


Fig. 3.28 - Distribuição das faixas estruturais I e III.

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

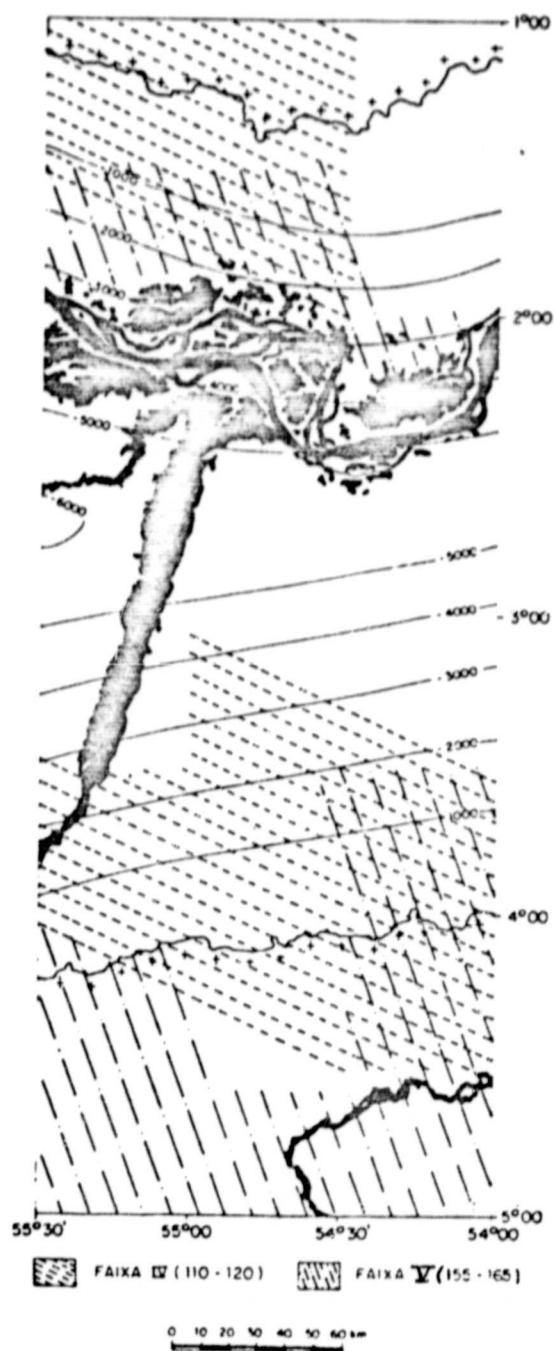


Fig. 3.29 - Distribuição das faixas estruturais IV e V.

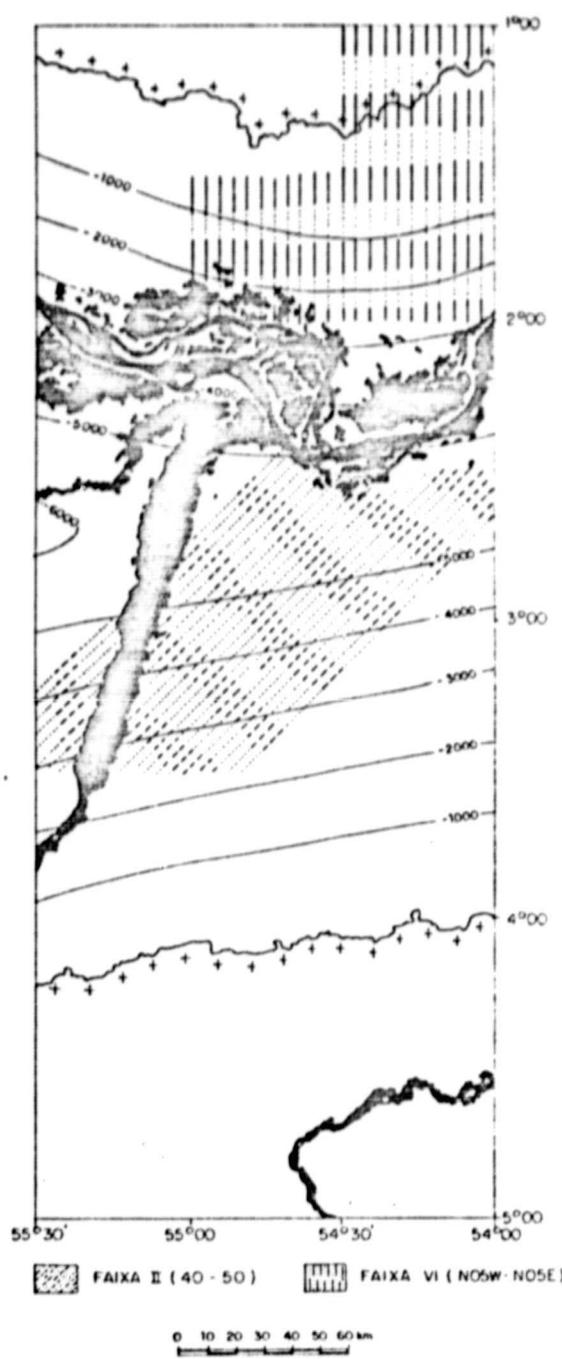


Fig. 3.30 - Distribuição das faixas estruturais II e VI.

3.5 - INTERPRETAÇÃO INTEGRADA DAS FORMAS ANÔMALAS DE DRENAGEM E DOS LINEAMENTOS

Após a interpretação das formas anômalas de drenagem e dos lineamentos existentes na região de estudo, efetuou-se uma integração ao nível regional destas feições morfológicas, expressa através do Mapa Morfoestrutural Integrado (Mapa 4). A finalidade deste mapa é fornecer uma visão da estruturação regional da área, possibilitando a caracterização de grandes domínios homoclinais, de descontinuidades estruturais expressas na superfície, possivelmente associadas aos lineamentos, e de altos ou baixos morfoestruturais (Mapa 4). O mapa utilizou todos os dados até então analisados, sendo que a definição do cimento regional domergulho se fez através da aproximação ou de afastamento entre as linhas de contorno morfoestrutural, do mesmo modo que em mapas de contorno estrutural clássicos. Assim, quanto maior for o espaçamento entre as linhas de contorno, mais suave será o mergulho, ocorrendo o inverso quando as linhas se aproximarem.

O traçado das linhas de contorno morfoestrutural foi estabelecido a partir das indicações de assimetria da rede de drenagem (Mapa 2), o que possibilitou também a inferência da direção ("strike") das camadas. Áreas envolvidas por uma ou mais linhas de contorno foram consideradas estruturas fechadas, podendo tratar-se de um baixo ou de um alto morfoestrutural.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

Procurou-se integrar no contexto tectônico da bacia do Amazonas as faixas estruturais e as anomalias morfoestruturais definidas no capítulo anterior. Para tanto, compararam-se as conclusões oriundas da fotointerpretação com os dados bibliográficos e exploratórios disponíveis na área de estudo.

4.1 - SIGNIFICAÇÃO TECTÔNICA DAS FAIXAS ESTRUTURAIS

A análise estatística dos lineamentos possibilitou uma visualização das tendências estruturais na região investigada, permitindo o reconhecimento de zonas de concentração destas feições lineares. Constatou-se que tais feixes de lineamentos configuravam faixas estruturais, as quais se comportaram de acordo com a conceituação de Soares et alii (1982), apresentando boa correlação com as principais direções de diques de diabásio e com a orientação das grandes estruturas regionais identificadas anteriormente na área por diversos autores. Foram igualmente observados eixos de máximos e mínimos gravimétricos, com posição geográfica e orientação coincidentes com algumas das faixas estruturais aqui propostas. Além disso, a disposição dos eixos de altos e baixos magnéticos, os alinhamentos magnéticos transversais e os gradientes magnéticos horizontais também exibiram, em alguns casos, orientação coincidente com as direções das faixas estruturais delineadas no presente trabalho.

4.1.1. - FAIXA ESTRUTURAL I (N20-30E)

Esta faixa estrutural concentra-se na porção oriental da área estudada, acompanhando grosso modo o baixo curso do rio Tapajós (Figura 3.16, 3.22 e 3.28).

A observação do mapa aeromagnetométrico referente à figura SA.21-Z-D mostrou a presença de alinhamentos magnéticos transver-

sais, orientados aproximadamente na direção N25E. Estas feições concentram-se ao longo do rio Tapajós, entre as localidades de Fordlândia e Uruará. Isto vem demonstrar que há concordância na direção destes alinhamentos com a orientação da faixa estrutural I.

Os dados bibliográficos indicam que também há coincidência entre a direção estabelecida para a faixa estrutural I e as orientações predominantes dos diques mesozóicos de diabásio da área de estudo. Isto sugere uma possível associação dos lineamentos desta faixa com o magmatismo mesozóico, que foi contemporâneo à separação da América do Norte, da América do Sul e da África.

Os lineamentos pertencentes à faixa estrutural I ocorrem tanto nas rochas pré-cambrianas dos escudos das Guianas e Brasileiro, como nos terrenos sedimentares扇erozoícos, tendo afetado até mesmo os sedimentos da formação Alter do Chão. É interessante lembrar, neste ponto, a hipótese formulada por Araújo et alii (1976), segundo a qual o baixo curso do Tapajós teria sido controlado por um "graben" com orientação geral NNE, o que parece vir de encontro aos resultados aqui obtidos.

4.1.2 - FAIXA ESTRUTURAL II (N40-50E)

A faixa estrutural II abrange a parte central da área de estudo, na qual afloram somente as rochas da formação Alter do Chão e onde são registradas as maiores espessuras na coluna sedimentar da bacia (Figuras 3.17, 3.23 e 3.30).

Esta direção já havia sido reconhecida por Cunha (1982), que identificou um alinhamento definido pelo rio Curuá-Una, orientado aproximadamente segundo N50E (Figura 2.10). Vale registrar que Andrade e Cunha (1971) prognosticaram a existência de um alto estrutural ao sul da cidade de Óbidos, com idêntica orientação.

Tal direção estrutural também se faz presente fora da área de estudo. Com efeito, foram reconhecidos eixos de altos e baixos gravimétricos na projeção nordeste da faixa estrutural II, orientados na direção geral N50E (Figura 2.10).

Ademais, constatou-se que a orientação da faixa estrutural II é coincidente com a direção do lineamento Tapajós, definido por Santos et alii (1975) e ilustrado na Figura 2.8. Esta mesma feição foi denominada como lineamento Médio Tapajós por Cordani et alii (1983), conforme apresentado na Figura 2.7. É interessante notar, entretanto, que não foi detectada a predominância do "trend" N40-50E nos terrenos pré-cambrianos da área estudada. Isto pode indicar a existência de padrões estruturais diferentes no embasamento cristalino, partindo-se do pressuposto de que esta faixa estrutural está superposta a estruturas originadas no pré-cambriano.

4.1.3 - FAIXA ESTRUTURAL III (N60-70E)

Esta faixa estrutural é a que possui distribuição mais ampla na área de estudo, atingindo indistintamente as rochas pré-cambrianas e fanerozóicas (Figuras 3.24 e 3.28). Entretanto, o mapa de densidade de lineamentos correspondente à classe de azimute 60° - 70° parece indicar que tal direção é particularmente incidente no sul da bacia, nos locais correspondentes às rochas paleozóicas e pré-cambrianas (Figura 3.18). Encontram-se ainda, no flanco sul da bacia, eixos de altos gravimétricos orientados aproximadamente na mesma direção da faixa estrutural III (Figura 2.10). Constatou-se também que em toda a área investigada ocorrem gradientes magnéticos horizontais e eixos de máximos e mínimos magnéticos, dispostos segundo ENE e E-W (Mapas 5, 6 e 7).

De acordo com Amaral (1974), a direção N70E intercepta as estruturações NW das províncias geológicas pré-cambrianas por ele propostas, definindo antigas zonas de fraqueza no embasamento. Este "trend" regional aparentemente condicionou algumas das atividades mag-

máticas básicas do pré-cambriano, conforme atestam os dados de Teixeira (1978). Há também evidências de sucessivas reativações magmáticas ao longo do lineamento Cachorro, orientado segundo N70E, na Província Amazônica Central (Figura 2.8). Tais reativações estariam relacionadas ao desenvolvimento das faixas móveis pré-cambrianas definidas por Cordani et alii (1979), que se situam na periferia desta antiga área estável (Teixeira, 1978). Dentre as principais estruturas lineagênicas do Craton Amazônico apontadas por Cordani et alii (1983), os lineamentos Abacaxis, Óbidos - Parintins, Jangada e Jari-Falsino são os que mais se relacionam com as direções da faixa estrutural III (Figura 2.7).

O "trend" N60-70E tem sido igualmente citado em diversos trabalhos geológicos realizados no âmbito da Petrobrás. A primeira referência neste sentido foi apresentada por Swan (1957), ao estudar a geologia do rio Cupari. Este autor sugeriu a existência de uma linha de charneira orientada na direção N70E, posicionada entre a localização 2-CP-1 e a borda da bacia. Bemerguy (1974), estudando parte do flanco sul da bacia, no trecho limitado entre os rios Tapajós e Curuá do Sul, constatou a presença de soleiras de diabásio intrudidas segundo N70E. Caputo e Cunha (1974) estabeleceram que o domo de Monte Alegre é limitado por falhas de gravidade, que também se orientam na direção N70E. Igual orientação foi atribuída a uma linha de charneira (Figura 2.10), definida pela assimetria de drenagem e pelo caráter subsequente de alguns afluentes do rio Curuá do Sul (Cunha, 1982). Vários autores constataram ainda que as estruturas orientadas na direção N60-70E têm sofrido reativações no fanerozóico. Deste modo, Swan (1957) sugeriu que a linha de charneira por ele proposta estaria associada a um aumento de espessura do pacote devoniano, em decorrência de movimentação naquele época. Igual movimentação foi inferida por Caputo e Cunha (1974), ao estudarem a seção devoniana entre os poços 1-MA-1 e 2-MA-2.

Assim, a faixa estrutural III, por sua ampla distribuição e associação com eventos de reativação, poderia indicar o posicionamento de zonas de fraqueza do embasamento, movimentadas em diversas fases de evolução da bacia. Tais zonas de fraqueza, por sua vez, propi-

ciaram o aparecimento de grandes linhas de charneira ou de falhas formadoras de "grabens" e "horsts".

4.1.4 - FAIXA ESTRUTURAL IV (N60-70W)

Esta faixa estrutural concentra-se preferencialmente nos flancos da bacia, estando praticamente ausente na porção central da área estudada, onde se espera encontrar os valores máximos de espessura de coluna sedimentar (Figura 3.25 e 3.29). Tal configuração é claramente expressa no mapa de densidade de lineamentos correspondente a esta classe de azimute (Figura 3.19). Observa-se neste mapa que os valores máximos de densidade estão posicionados simetricamente em relação ao eixo da bacia, tanto em terrenos pré-cambrianos, como em domínios paleozóicos.

A orientação das foliações e do fraturamento das rochas pré-cambrianas do complexo Xingu (escudo Brasileiro) coincide com as direções da faixa estrutural IV, conforme os dados de Macambira et alii (1977). As rochas paleozóicas também foram intensamente afetadas por estruturas com esta orientação, sendo notável o alinhamento N70W formado pelo rio Curuá, no flanco norte da bacia (Figura 2.10).

A faixa estrutural IV parece representar falhamentos antigos reativados no fanerozóico, os quais atuam predominantemente nas áreas próximas à borda da bacia.

4.1.5 - FAIXA ESTRUTURAL V (N15-25W)

Os valores máximos de densidade dos lineamentos desta faixa estrutural, a exemplo da anterior, estão dispostos simetricamente em relação ao eixo da bacia. Tal comportamento é verificado no mapa de densidade de lineamentos correspondentes a esta classe de azimute (Figura 3.20). De fato, os lineamentos com orientação N15-25W tendem a se concentrar nas porções mais periféricas da área estudada (Figuras 3.26 e 3.29).

Por outro lado, a direção da faixa estrutural V coincide aproximadamente com a orientação proposta por Cordani et alii (1979) para o contato entre a Província Amazônia Central e a faixa móvel Maroni-Itacaiunas (Figura 2.3). O mesmo pode ser dito em relação ao limite inferido por Amaral (1974) para as províncias geológicas da Amazônia Oriental e da Amazônia Central (Figura 2.5). Isto parece indicar que os lineamentos desta faixa estrutural originaram-se no Pré-Cambriano. Além disso, por cortarem também rochas sedimentares paleozóicas, tais feições lineares parecem ter sido reativadas nesta era. A este respeito, vale observar o posicionamento proposto por Cordani et alii (1983) para os lineamentos Curuá e Resplendor (Figura 2.7).

4.1.6 - FAIXA ESTRUTURAL VI (N05W-N05E)

A ocorrência desta faixa estrutural está restrita ao canto nordeste da área de estudo (Figura 3.27 e 3.30), configurando uma zona de alta densidade de lineamentos (Figura 3.21), que abrange até mesmo o domo de Monte Alegre (anomalia morfoestrutural 23). Os diques de diabásio que ocorrem neste local possuem direção preferencial N-S e fazem parte da feição regional denominada lineamento Paru de Este - Monte Alegre, definida por Araújo et alii (1976), conforme a Figura 2.8. Ademais, Pastana et alii (1978) verificaram no campo a ocorrência de um intenso fraturamento N-S nas cercanias da estrutura dômica de Monte Alegre (Figura 4.1).

A direção dos lineamentos que constituem a faixa estrutural VI coincide também com a orientação dos grandes diques permo-triasícos que configuram o lineamento Cassiporé, feição definida por Lima et alii (1974) no território do Amapá (Figura 2.8).

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

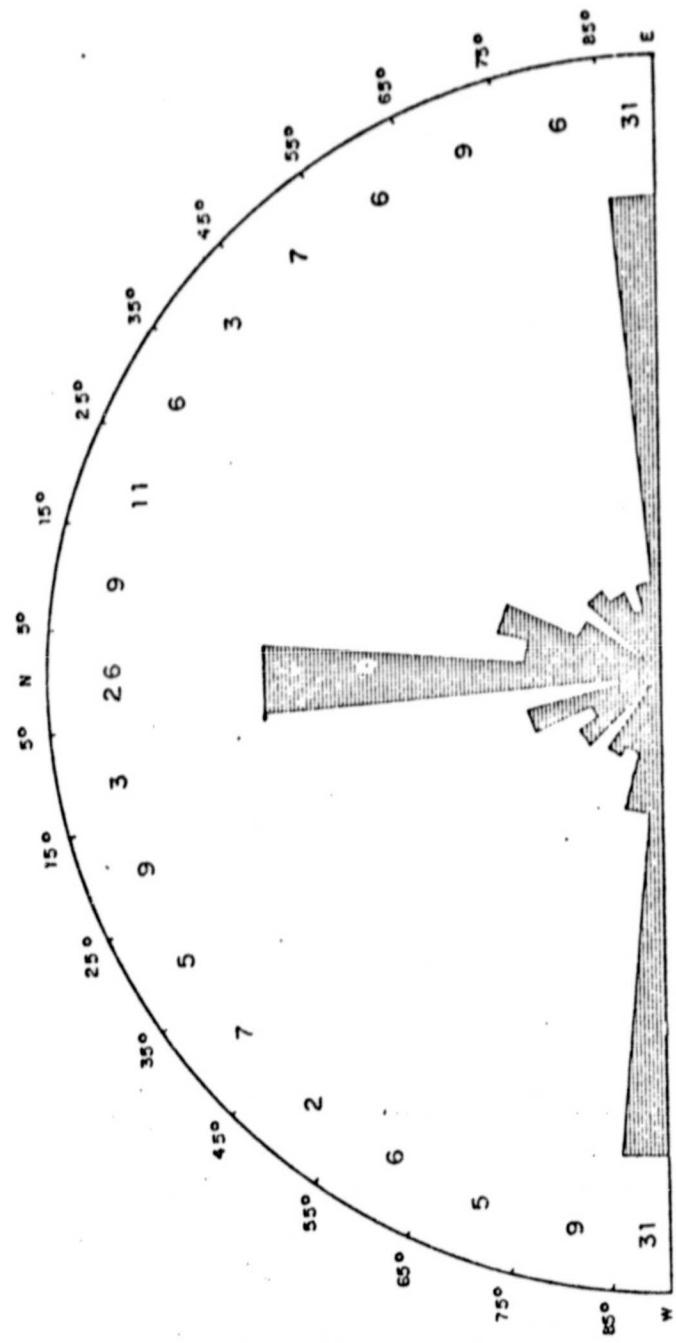


Fig. 4.1 - Projetos sulfetos de Alenquer - Monte Alegre.

- Diagrama de freqüência de juntas para as unidades paleozóicas na região do domo de Monte Alegre (155 medidas de campo).

FONTE: Pastana et alii (1978).

4.2 - SIGNIFICAÇÃO ESTRUTURAL E TECTÔNICA DAS ANOMALIAS MORFOESTRUTURAIS

Cunha et alii (1971) realizaram a interpretação morfoestrutural de parte da bacia do Médio Amazonas, adotado o critério segundo o qual as anomalias morfoestruturais refletem, quer por compactação diferencial ou reativações recentes, a presença de estruturas subjacentes. No presente trabalho foram reconhecidas trinta anomalias morfoestruturais, que poderão igualmente refletir condicionamento estrutural imposto por estruturas de subsuperfície. A conotação estrutural destas anomalias foi inferida da sua semelhança com modelos preestabelecidos, conforme são apresentados nas Figuras 3.1, 3.3 e 3.6, os quais representam, respectivamente, domos e depressões estruturais, domos associados a falhas e estruturas em bloco basculado. Obteve-se, deste modo, um total de vinte domos, dois domos falhados, seis depressões estruturais, uma depressão estrutural falhada e uma estrutura em bloco basculado, que são descritos nas Tabelas 3.7, 3.8 e 3.9. Na Tabela 3.10, estas anomalias morfoestruturais são hierarquizadas pelo seu grau de semelhança com os modelos estruturais preestabelecidos, segundo os critérios discutidos anteriormente nas Seções 3.2.1 e 3.2.2, que se baseiam nos valores de similaridade (F_2) e confiabilidade (F_1). Assim, as cinco anomalias estruturalmente mais atrativas na área de estudo, apresentadas em ordem decrescente de importância, são as seguintes: Monte Alegre (anomalia 23), teste de Aveiro (anomalia 02), rio Mamiã (anomalia 30), Mojuí dos Campos (anomalia 19) e Igarapé dos Perdidos (anomalia 25).

As anomalias morfoestruturais de números, 3, 19 e 20 encontram-se na área abrangida pelo levantamento sísmico terrestre mencionado na Seção 3.4.2. A linha sísmica 64-RL-17 cobriu a anomalia morfoestrutural 3 entre os pontos de tiro 1360 e 1450, enquanto a linha 64-RL-20 cobriu a anomalia 19 entre os pontos de tiro 110 e 170. O mesmo sucedeu com a linha 64-RL-18, que, no intervalo compreendido entre os pontos de tiro 90 e 195, superpõe-se à anomalia 20.

A análise das linhas sísmicas demonstrou que a região foi estruturalmente muito ativa, tanto que, nas áreas correspondentes às

anomalias morfoestruturais acima citadas, a falta de continuidade late
ral dos refletores sugere movimentações de caráter estrutural. Entretan
to, não foi possível reconhecer o tipo de estruturação presente, isto
é, caracterizar as anomalias morfoestruturais como altos ou baixos es
truturais, ou ainda, se elas correspondem a soleiras de diabásio.

Por outro lado, a análise do Mapa Morfoestrutural Integra
do (Mapa 4) mostrou que várias anomalias morfoestruturais tendem a se
alinharem segundo direções bem delineadas, configurando assim "trends" im
portantes no arcabouço tectônico e estrutural da bacia. Como exemplo, po
de-se citar a direção NNW, definida pela disposição aproximadamente ali
nhada das anomalias 07, 08, 13, 15, 18, 19 e 29 (Figura 4.2). Este
"trend" morfoestrutural posiciona-se na região do provável contato da
Província Amazônia Central com a faixa móvel Maroni-Itacaiunas (Cordani
et alii, 1979), conforme se vê na Figura 2.3. O mesmo se verifica em re
lação ao limite estabelecido por Amaral (1974) para as províncias geoló
gicas da Amazônia Oriental e da Amazônia Central (Figura 2.5). Além dis
so, a orientação NNW do alinhamento de anomalias morfoestruturais e, em
linhas gerais, a mesma que a definida para a faixa estrutural V (N15-25W).
Tal circunstância parece reforçar a hipótese anteriormente formulada do
relacionamento desta faixa estrutural com zonas de fraqueza herdadas das
rochas pré-cambrianas, que teriam sofrido reativações posteriores no
Paleozóico.

Neste contexto tectônico-estrutural, é importante mencio
nar que foram ainda reconhecidos eixos de altos e baixos morfoestrutu
rais, orientadas no sentido ENE e posicionados em ambos os flancos da
bacia, nas cercanias do contato da formação Alter do Chão com as rochas
da seção paleozóica (Figura 4.2, superposta à Figura 3.31). Estas fei
ções estão dispostas na mesma direção da faixa estrutural III (N60-70E),
podendo refletir a presença de falhas reativadas durante a evolução da
bacia até, provavelmente, o Cenozoico, e conformando estruturas do tipo
"graben" e "horst".

ORIGINAL PAGE IS
OF POOR QUALITY

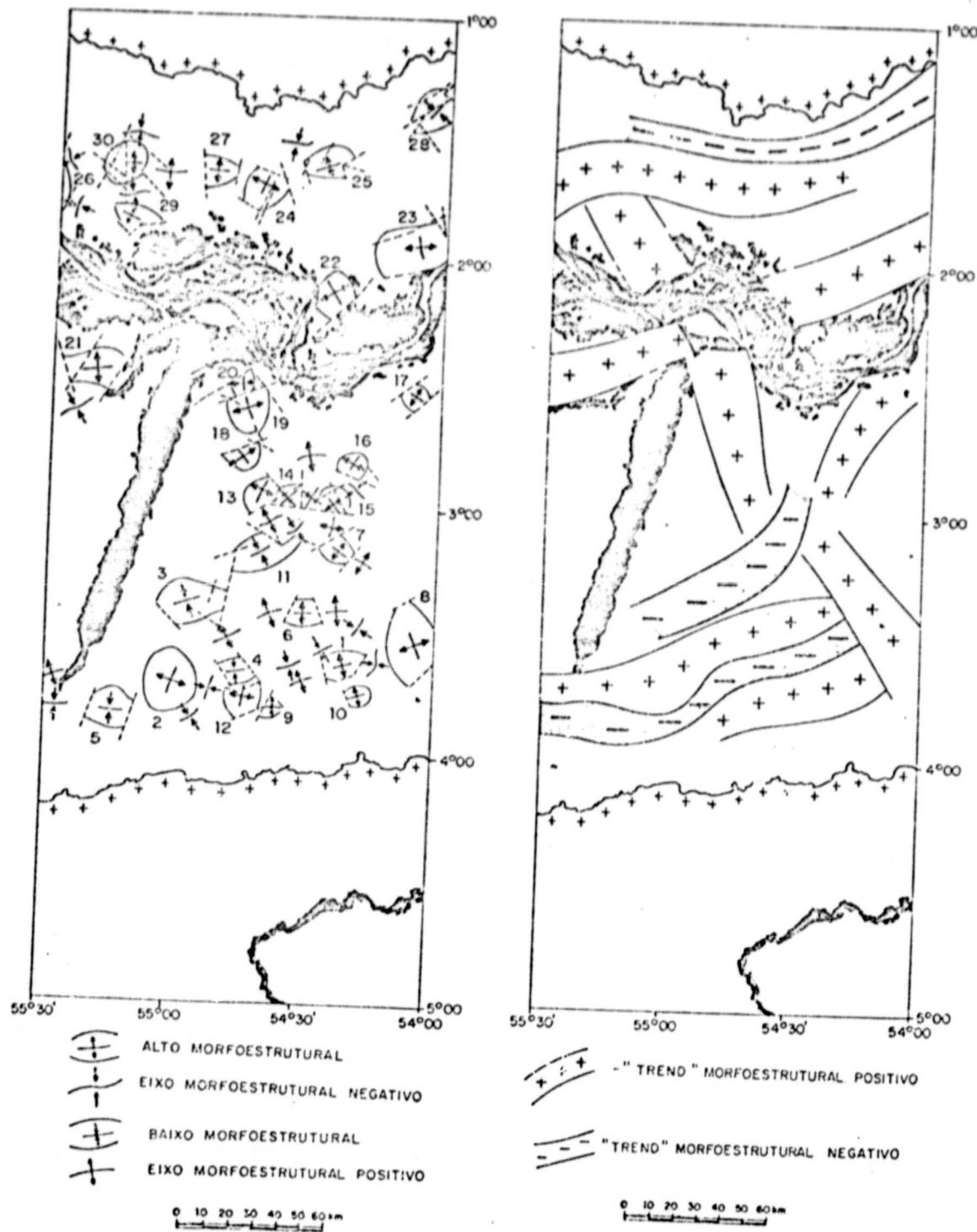


Fig. 4.2 - Arcabouço morfoestrutural da área de estudo.

Vale registrar que a interpretação dos dados aeromagnetométricos referentes ao Projeto Santarém (Mapas 8 e 9), efetuada pe
la ENCAL S/A, também mostrou, no flanco sul da bacia, eixos de altos e
baixos no embasamento, posicionados na direção geral N70E. Foi igualmen
te detectado um "trend" estrutural com orientação e posicionamento idê
ticos àqueles prognosticados, pelo autor deste trabalho, para a faixa
estrutural V (N15-25W), sugerindo, portanto, a presença de um alto do
embasamento no local onde se encontram as anomalias 19, 26, 29 e 30. Co
mo se observa, há uma coincidência destes dados de aeromagnetometria com
a estruturação geral definida na área através da análise morfológica.

Com respeito à possibilidade de ocorrência de hidrocarbonetos na região de estudo, os dados de Rodrigues e Quadros (1982) indi
caram a existência de zonas geoquimicamente maturas (geração de óleo) e
senis (geração de gás) nesta parte da bacia, associadas aos folhelhos
Barreirinha e Pitinga (Figura 2.12). De fato, a consulta aos dados ex
ploratórios da Petrobrás permitiu constatar a presença de acumulações
subcomerciais de gás nos poços 2-CP-1, 2-CP-2, 1-F0-1 e 2-BU-1, dispos
tos ao longo do baixo curso do rio Tapajós (Figura 2.11). Isto torna
particularmente atrativas as morfoestruturas situadas no flanco sul da
bacia, especialmente a anomalia 2 (leste de Aveiro), que ocupa o segun
do posto na hierarquização da Tabela 3.10 e encontra-se nas proximida
des das localizações acima mencionadas. Ademais, as anomalias 07, 08, 13, 15,
18, 19 e 29, alinhadas na direção NNW, e as anomalias 26 e 30, associa
das a altos magnéticos, localizam-se todas na região potencialmente ge
radora de gás. No domo de Monte Alegre (anomalia morfoestrutural 23), os
esforços exploratórios realizados até o momento não lograram resultados
positivos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

A interpretação das formas anômalas de drenagem, a análise estatística dos lineamentos e a interpretação das faixas estruturais efetuadas neste trabalho, permitiram o estabelecimento das seguintes conclusões:

- a) A metodologia empregada na interpretação das formas anômalas de drenagem apresentou bons resultados na região de estudo. Com efeito, as anomalias morfoestruturais puderam ser bem caracterizadas nas imagens MSS-LANDSAT e de RADAR, na escala 1:250.000, visto que se constituíam em feições de grande porte, com dimensões de dezenas de quilômetros. Os mosaicos radargramétricos do Projeto RADAMBRASIL mostraram-se adequados para a extração da rede hidrográfica, sendo superiores às imagens MSS nas áreas com cobertura vegetal densa e homogênea. No entanto, os dados do MSS foram valiosos para a identificação de zonas úmidas e desmatadas associadas a vales fluviais, em regiões com ocupação humana. Os lineamentos representaram importantes dados para a integração das anomalias morfoestruturais no contexto tectônico-estrutural da bacia, na medida que se constatou uma correspondência entre os "trends" regionais por eles definidos e os "trends" morfoestruturais representados pela disposição alinhada de anomalias. Considerando a extensão da área investigada (72.600 km^2), verificou-se a conveniência do emprego de imagens MSS e de RADAR em estudos regionais, com o objetivo de caracterizar os padrões de distribuição dos lineamentos. Além disso, o estabelecimento de modelos morfoestruturais ideais e a adoção de padrões de confiabilidade para as formas anômalas de drenagem possibilitaram, respectivamente, a definição dos fatores de similaridade (F_2) e confiabilidade (F_1). Estes parâmetros quantitativos, propostos por Soares et alii (1981), permitiram a caracterização e hierarquização das anomalias morfoestruturais, de modo não-subjetivo. Tal fato representou um avanço em relação aos métodos de investi-

tigação anteriormente utilizados, pois a informação estrutural contida em cada uma das formas anômalas foi considerada de maneira sistemática e lógica. Outro ponto importante foi a exigência de simultaneidade de ocorrência de formas anelares, assimétricas e radiais para a definição de uma anomalia morfoestrutural, pois estas, quando isoladas, podem representar um controle exercido por um obstáculo litológico, um morro testemunho ou uma flexura monoclinal. Na região Amazônica, entretanto, constatou-se a necessidade de adaptar, em alguns aspectos, a metodologia de Soares e Fiori (1976) e Soares et alii (1981), de modo a conferir maior consistência e coerência aos resultados da fotointerpretation. Concluiu-se, assim, que o método acima citado não deve ser indiscriminadamente aplicado em uma determinada bacia sedimentar. Pelo contrário, o fotointerpretador deve estar sempre atento às feições geológicas que estejam porventura exercendo controle sobre a configuração da rede de drenagem.(fraturamento intenso, presença ou ausência de coberturas discordantes, etc.).

- b) Existem na área de estudo cerca de trinta anomalias morfoestruturais, as quais foram identificadas através da configuração da rede de drenagem e classificadas com base na semelhança a modelos preestabelecidos, conforme encontram-se apresentados nas Figuras 3.1, 3.3 e 3.6. Tais modelos representam, respectivamente, domos e depressões estruturais, domos associados a falhas e estruturas em bloco basculado. Deste modo, foi obtido um total de vinte domos, dois domos falhados, seis depressões estruturais, uma depressão estrutural falhada e uma estrutura em bloco basculado. Estas feições encontram-se descritas nas Tabelas 3.7, 3.8 e 3.9.
- c) Efetuou-se também a hierarquização das vinte e três anomalias morfoestruturais positivas (altos morfoestruturais), tendo em vista o interesse exploratório. Realizou-se esta hierarquização a partir dos maiores valores de similaridade (F_2) e confiabilidade (F_1) das anomalias. Assim, as cinco anomalias estrutural

mente mais atrativas na área de estudo, em ordem decrescente de importância, são as seguintes: Monte Alegre (anomalia 23), leste de Aveiro (anomalia 02), rio Mamiã (anomalia 30), Mojuí dos Campos (anomalia 19) e Igarapé dos Perdidos (anomalia 25).

- d) As anomalias morfoestruturais de número 03 (leste de Uruarã), 19 (Mojuí dos Campos) e 20 (Santarém) encontram-se na região abrangida por um levantamento sísmico terrestre. A análise das linhas sísmicas demonstrou que, nas áreas correspondentes às anomalias acima mencionadas, a falta de continuidade dos refletores sugere movimentações de caráter estrutural. Não foi possível, no entanto, reconhecer o tipo de estruturação presente, ou seja, caracterizar as morfoestruturas como altos ou baixos estruturais, ou se estão associadas a soleiras de diabásio.
- e) A análise estatística dos lineamentos possibilitou uma visualização das tendências estruturais na região de estudo. Na interpretação destas feições, foram definidas as 6 (seis) faixas estruturais abaixo explicitadas, que representam feixes de lineamentos:

- Faixa Estrutural I - N20-30E.
- Faixa Estrutural II - N40-50E.
- Faixa Estrutural III - N60-70E.
- Faixa Estrutural IV - N60-70W.
- Faixa Estrutural V - N15-25W.
- Faixa Estrutural VI - N05W a N05E.

Do mesmo modo que Soares et alii (1982) na bacia do Paraná, constatou-se que estas faixas estruturais apresentaram boa correlação com as principais orientações de alinhamentos magnéticos, gravimétricos e de diques de diabásio, bem como com a direções das foliações e das grandes estruturas identificadas anteriormente na área por diversos autores. Assim é que os dados bibliográficos e exploratórios indicam que há coincidência entre a direção da faixa estrutural I e as orientações predominantes dos

diques mesozóicos de diabásio e de alinhamentos magnéticos transversais; entre a orientação definida para o lineamento Ta pajós e a direção da faixa estrutural II; entre a direção da faixa estrutural III e a orientação do lineamento Cachorro e de eixos de máximos gravimétricos e magnéticos; entre a direção da faixa estrutural IV e as orientações das foliações das rochas do Complexo Xingu; entre a direção da faixa estrutural V e a orientação do contato entre a Província Amazônia Central e a faixa móvel Maroni-Itacaiunas (Cordani et alii, 1979), ou entre as províncias Amazônia Oriental e Amazônia Central (Amaral, 1974); entre a direção da faixa estrutural VI e a orientação do lineamento Paru de Este-Monte Alegre. As estruturas com direção E-W eventualmente existentes na área de estudo não foram detectadas em razão de limitações intrínsecas aos sistemas sensores utilizados (sistema GEMS de abertura sintética e imagedor multispectral MSS do satélite LANDSAT).

- f) A análise da distribuição das anomalias morfoestruturais possibilitou a delinearção de "trends" morfológicos, orientados, respectivamente, para ENE e NNW. Tais direções coincidem com aquelas correspondentes às faixas estruturais III (N60-70E) e V (N15-25W), podendo refletir a reativação, durante a evolução da bacia, de estruturas herdadas do Pré-Cambriano.
- g) A interpretação dos dados aeromagnetométricos referentes ao Projeto Santarém, efetuada pela ENCAL S/A, também mostrou, no flanco sul da bacia, eixos de altos e baixos no embasamento com direção geral N70E. Além disso, foi igualmente detectado um "trend" estrutural com orientação e posicionamento semelhantes àqueles prognosticados para a faixa estrutural V (N15-25W), sugerindo a presença de um alto estrutural na área onde se encontram as anomalias 19, 26, 29 e 30.
- h) Os dados de Rodrigues e Quadros (1982) indicaram a existência de zonas maturas (possibilidade de geração de óleo) e sensis (possibilidade de geração de gás) na área de estudo, associa-

das aos folhelhos Barreirinha e Pitinga. A análise dos dados exploratórios da Petrobrás demonstrou a existência de acumulações subcomerciais de gás nos poços 2-CP-1, 2-CP-2, 1-F0-1 e 2-BU-1, dispostos ao longo do baixo curso do rio Tapajós. Isto tornou mais atrativas as morfoestruturas situadas no flanco sul da bacia, especialmente a anomalia 02 (este de Aveiro), que ocupa o segundo posto na hierarquização da Tabela 3.10 e encontra-se nas proximidades das localizações acima mencionadas. No domo de Monte Alegre (anomalia morfoestrutural 23), os esforços exploratórios empreendidos até o momento não alcançaram resultados positivos.

CAPÍTULO 6

RECOMENDAÇÕES

A metodologia de interpretação aqui empregada mostrou um desempenho satisfatório na elaboração de um esboço tectônico-estrutural para a região de estudo. Com efeito, tal resultado parece encontrar suporte nas informações geológicas e geofísicas disponíveis. Assim, recomenda-se o emprego desta metodologia em outras áreas de interesse na bacia do Amazonas, utilizando mosaicos radargramétricos do Projeto RADAMBRASIL e produtos de sensoriamento remoto ao nível orbital, em conjunto com dados geofísicos e trabalhos de campo, o que dispensa a fase de interpretação em fotografias aéreas convencionais. Vale ressaltar que os satélites com lançamentos previstos para a década de 80 fornecerão imagens que abrangem novas bandas espectrais, com resolução espacial da ordem de 10 a 20 metros e possibilidade de visão estereoscópica. Isto implicará uma precisão cartográfica mais apurada, tornando mais fácil a extração da rede de drenagem e a definição do caráter e do sentido da movimentação de falhas por meio dos lineamentos.

Julga-se igualmente conveniente a realização de novos estudos geofísicos e mapeamentos de detalhe nas áreas das anomalias mais estruturadas do flanco sul da bacia (anomalia 02, leste de Aveiro, e anomalia 19, Mojuí dos Campos), visto que foram detectadas ocorrências subcomerciais de gás ao longo do baixo curso do rio Tapajós. Deste modo, poder-se-á confirmar o padrão estrutural de tais anomalias e investigar sua importância como possíveis trapas de hidrocarbonetos.

Além disso, recomenda-se a execução de estudos sobre a influência das faixas estruturais na espessura, distribuição e variações faciológicas das formações sedimentares fanerozóicas que ocorrem na região de estudo. Deve-se também investigar com maior detalhe o significado estrutural destas faixas a partir de correlações entre dados de poços, levantamentos de campo e dados geofísicos.

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de. Geochronological Division of the Precambrian of South America. *Revista Brasileira Geociências*, 1(1):13-21, 1971.
- AMARAL, G. Evolução Tectônica da Plataforma Amazônica no Fanerozóico. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 10., Pará, 1975. *Anais*. Pará, 1975. p. 792-803.
- Geologia Pré-Cambriana da região Amazônica. Tese de Livre Doçência. São Paulo, USP/Instituto de Geociências, 1974. 212 p.
- AMARAL, G.; ROCHA, A.C.C. Chronology of Late Paleozoic events in Andean South America. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE CARBONIFEROUS AND PERMIAN SYSTEMS OF SOUTH AMERICA, 1972. *Anais*.
- ANDRADE, C.A.C.; CUNHA, F.M.B. Revisão geológica da bacia paleozóica do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, SBG, 1971, v.1, p. 93-112.
- ARAÚJO, J.F.V.; MONTALVÃO, R.M.G.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, P.E.C.A.; CUNHA, F.M.B.; FERNANDES, C.A.C.; BASEI, M.A.S. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRA. Rio de Janeiro, 1976. p. 510. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).
- BELOUSSOV, V.V. *Basic Problems in Geotectonics*. New York, NY, McGraw Hill, 1962. 816 p.
- BEMERGUY, I. Geologia da área central do flanco sul da bacia do Médio Amazonas. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1964. (Relatório Interno, 2041).
- CAPUTO, M.V.; ANDRADE, F.G. Geologia em semidetalhe do flanco sul da bacia Amazônica, entre os rios Cupari e Abacaxis. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1968. (Relatório Interno, 3581).
- CAPUTO, M.V.; CUNHA, F.M.B. Novos aspectos da geologia de Monte Alegre e áreas circunvizinhas. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1974. (Relatório Interno, 395).

PRECEDING PAGE BLANK NOT FILMED

CAPIUTO, M.V.; RODRIGUES, R.; VASCONCELOS, D.N.N. *Litoestratigrafia da bacia do Amazonas.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1971. (Relatório Interno, 4054).

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia.* São Paulo, Blucher, USP, 1947. p. 149.

COOK, J.T. *Rio Maecuru, geological progress report.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1955. (Relatório Interno, 497).

CORDANI, U.G.; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A.; PORTO, R.; THOMAZ FILHO, A.; CUNHA, F.M.B. *Estudo integrado do Pré-Cambriano com os eventos tectônicos das bacias sedimentares brasileiras.* Rio de Janeiro, Petrobrás/CENPES, 1983.

CORDANI, U.G.; TASSINARI, C.C.G.; TEIXEIRA, W.; BASEI, M.A.S.; KAWASHITA, K. *Evolução Tectônica da Amazônia com base nos dados georronológicos.* In: CONGRESSO GEOLÓGICO CHILENO, 2. Arica, CH., 1979. *Anales.* Arica, CH, 1979. p. 137-148.

CUNHA, F.M.B. *Aspectos morfoestruturais do Baixo Amazonas.* In: SIMPOSIÓ DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. 1., Manaus, 1982. *Anais.* Manaus, SBG, 1982. p. 75-83.

CUNHA, F.M.B.; CARNEIRO, R.G.; CAPUTO, M.V. *Estudo geomorfológico preliminar da bacia do Médio Amazonas.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1971. (Relatório Interno, 3847).

DIXON, H.L. *Preliminary Geological Reconnaissance, Lower, Amazonas River Valley, a progress report.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1980. (Relatório Interno, 137).

FREYDANK, H.G. *Investigations on the western side of the Monte Alegre dome. Middle Amazonas, progress report.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957b. (Relatório Interno, 745).

— *Limited investigation along the eastern and southern flank of the Monte Alegre dome.* Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957a. (Relatório Interno, 692).

- GAY, S.P. *Pervasive Orthogonal Fracturing in Earth's Continental Crust.* Salt Lake City, America Stereo Map Co., 1973. 121 p.
- GUY, M. Quelques principes e quelques expériences sur la méthodologie de la photo-interprétation. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHOTO-INTERPRETATION, 2., Paris, 1966. Acte. Paris, 1966, v.1, p. 21-41.
- HANG, T.K. New Studies on the geotectonic subdivisions of the Eastern China and their characteristics. *International Geological Review.* 1(11):73-88, 1959.
- ISSLER, R.S.; ANDRADE, A.R.F.; MONTALVÃO, R.M.G.; GUIMARÃES, G.; SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *PROJETO RADAMBRASIL*; folha SA.22. Belém. Rio de Janeiro, 1974. 60 p. (Levantamento de Recursos Naturais, 5).
- KRAUSE, G.C. *Rio Curuá geological*; progress report. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1955. (Relatório Interno, 481).
- *Tracoá and Cupari rivers*; progress report. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957. (Relatório Interno, 756).
- KREMER, G. Geological report on the Monte Alegre structure. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957a. (Relatório Interno 564).
- Geological report on the rios Tapajós, Cupari e Tracoá. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1956b. (Relatório Interno).
- KRÖMMELBEIN, K.F. Additional notes on the stratigraphy and structure — Monte Alegre area. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957. (Relatório Interno, 808).
- LATTMAN, L.H. *Geomorphology*; New tool for finding oil. s.l., Oil & Gas Journal, 1959.
- LATTMAN, L.H.; MATZIKE, R.H. Geological significance of fracture trace in photogrammetric engineering. *The American Society of Photogrammetry*, 23(3), 1961.

- LIMA, M.I.C.; MONTALVÃO, R.M.G.; ISSLER, R.S.; OLIVEIRA, A.S.; BASEI, M.A.S.; ARAÚJO, J.F.V.; SILVA, G.G. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL*; folha NA/NB.22. Macapá. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).
- MACAMBIRÁ, E.M.B.; RESENDE, N.G.A.M; JOÃO, X.S.J.; ASSIS, N.P.; CALDERARO, R.C.B. *Projeto Sulfetos de Altamira-Itaituba*. Belém, DNPM-CPRM, 1977. v.1. (Relatório Interno, 663).
- NASCIMENTO, D.A.; MAURO, C.A.; GARCIA, M.G.L. Geomorfologia. In: BRAZIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL*, folha SA.21 Santarém. Rio de Janeiro, 1976. p. 510. (Levantamento de Recursos Naturais, 10).
- O'LEARY, D.W.; FRIEDMAN, J.D.; POHN, H.A. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. *Geological Society of America Bulletin*, 87(10):1463-1469, Oct. 1976.
- PASTANA, J.M.N.; SOUZA, A.M.M.; VALE, A.G.; FARIA, C.A.S.; SANTOS, M. E.C.M.; ASSUNÇÃO, P.R.S.; FRIZZO, S.J.; LOBATO, T.A.M. *Projeto Sulfetos de Alenquer-Monte Alegre*. Belém, DNPM-CPRM, 1978. v. 1. (Relatório Interno, 755).
- PORTO, R.; SZATMARI, P. Classificação Tectônica das Bacias Sedimentares Terrestres do Brasil. *Assistência Recíproca Petrolífera Latino Americana*; Reunião a nível de especialistas, México, 1982. 14 p.
- RIVEREAU, J.C. *Notas de aula do curso de fotointerpretação*; Soc. Inter. Cult. Esc. Geol., em XI Semana de Estudos. Ouro Preto, 1972.
- RODRIGUES, R.; QUADROS, L.P. Avaliação do potencial gerador das bacias paleozóicas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PETRÓLEO. 2., Rio de Janeiro, 1982. *Anais*. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1982.
- ROWAN, L.C.; WETLAUFER, P.H. Relation between regional lineament systems and structural zones in Nevada. *AAPG Bull.*, 65:1414-1432, 1981.

SANTOS, D.B.; FERNANDES, P.E.C.A.; DREHER, A.M.; CUNHA, F.M.B.; BASEI, M.A.S.; TEIXEIRA, J.B.G. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL*; folha SB.21 Tapajós. Rio de Janeiro, 1975. p. 409. (Levantamento de Recursos Naturais, 7).

SHCHEGLOV, A.D. Main types of areas of tectono magmatic activation. *International Geological Review*, 12(12):1473-1479, 1970.

SILVA, S.O. *Geologia dos rios Jari, Paru, e Curuá-Una*. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957. (Relatório Interno, 723).

SOARES, P.C.; FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, 16(32):107-121, 1976.

SOARES, P.C.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; BARCELLOS, P.E.; MENEZES, P.R.; GUERRA, S.M.S.; CSORDAS, S.M. Análise morfoestrutural integrada com imagens de RADAR e LANDSAT da bacia do Paraná. São Paulo, Paulipetro, 1981. Consórcio IPT-CESP.

SOARES, P.C.; BARCELLOS, P.E.; CSORDAS, S.M.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G.; MENEZES, P.R. Lineamentos em imagens LANDSAT e de RADAR - Suas implicações no conhecimento tectônico da bacia do Paraná. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2., Brasília, DF, 1982.

STRAHLER, A.N. Hypsometric (area - altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. America Bulletin*, (63):1117-1142, 1952.

SUSZCYNISKI, E. La géologie et la tectonique de la Plateforme Amazonienne. *Geol. Rundsch*, 59(3):1232-1253, 1970.

SWAN, A.G. Geological report on the Cupari and Tracua rivers. Rio de Janeiro, Petrobrás, 1957. (Relatório Interno, 765).

TEIXEIRA, W. Significação tectônica do magmatismo anorogênico básico e alcalino na região amazônica. Dissertação de Mestrado. São Paulo, USP/Instituto de Geociências, 1978. 99 p.

THOMAZ FILHO, A.; CORDANI, U.G.; MARINO, O. Idades K/ar de rochas ba
sâlticas da bacia amazônica e sua significação tectônica regional.

In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 28., Porto Alegre, 1979. São
Paulo, SBG, 1974, v.6, p. 273-278.

VENTURA, L.M.; D'ÁVILA, L.M.; BARBOSA, G.V. Geomorfologia. In: BRASIL.
Departamento Nacional da Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL; fo*
lha SB.21 Tapajós. Rio de Janeiro. 1975. p. 407. (Levamento de
Recursos Naturais, 7).