

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CURSO DE POS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS GRAVIMÉTRICO E MAGNETOMÉTRICO PARA A
DEFINIÇÃO DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DA FAIXA DE
DOBRAMENTOS ARAGUAIA

Tese Apresentada por

JOÃO DA SILVA CARVALHO

como requisito parcial à obtenção do grau em
MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOFÍSICA

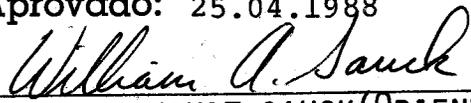
Conferido pelo Curso de Pós-Graduação em

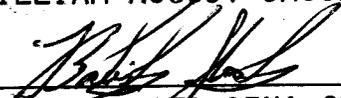
Geociências da

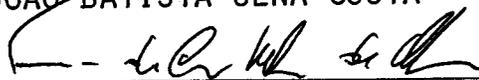
Universidade Federal do Pará

Aprovado: 25.04.1988

Comitê de Tese


WILLIAM AUGUST SAUCK (ORIENTADOR)


JOÃO BATISTA SENA COSTA


FRANCISCO DE ASSIS MATOS DE ABREU


NAOMI USSAMI

A memória de meu pai.
A minha mãe Guiomar,
esposa Dulcimar e filhos
Priscila, Jonathan e Vinicius.

AGRADECIMENTOS

Externamos aqui nossos sinceros agradecimentos a to das as pessoas e Instituições que, de forma direta ou indireta - mente contribuíram para a execução deste trabalho.

Ao Dr. William August Sauck pela orientação e suges tões sempre objetivas.

Ao Prof^o Francisco de Assis Matos de Abreu, assim co mo aos Drs. João Batista Sena Costa, Roberto Dall'Agnol e Yocite ro Hasui pelas sugestões, críticas e discussões que enriqueceram de subsídios às conclusões.

A Dra. Naomi Ussami pela disposição e firme interesse em colaborar.

Ao Dr. Nicolau L. E. Haralyi pelas sugestões ao levan tamento de campo.

Ao Prof^o Paulo Sérgio Gorayeb pela disposição e cola boração.

A Prof.^a Jacira Beltrão e ao colega Jessé Carvalho pe lo auxílio durante o tratamento dos dados altimétricos e gravi- métricos.

Ao Prof^o Rutênio Araujo, amigo incentivador e colabo rador de todos os momentos.

Aos técnicos Afonso Quaresma e Hamilton Cunha pelo a poio e colaboração durante a realização dos trabalhos de campo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro, na forma de bolsa de estudo, durante todo o discorrer do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio à aquisição de material de consu mo.

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelos re cursos financeiros fornecidos ao Projeto Faixa Orogênica, do qual faz parte este trabalho.

A Coordenação do Curso de Pós-Graduação e Departamen- to de Geofísica - CG/UFPA pelo adiantamento de recursos para a realização dos trabalhos de campo.

Ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará pela oportunidade que nos propiciou levar à termos este tra

balho.

Ao Departamento de Geociências da Fundação Universidade do Amazonas por nos ter liberado durante o período de execução deste.

A DOCEGEO, na pessoa do Sr. Kiyoshi Kadokaru, pelo apoio durante o período de campo na região de Rio Maria (PA).

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na pessoa do Sr. Mauro P. de Mello, pelo fornecimento de referências de níveis disponíveis para a área.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - 2º DISME/Belém e 10º DISME/Goiania, pelos dados referentes às suas estações meteorológicas, dentro da área deste trabalho.

SUMÁRIO

	pág:
DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	iv
RELAÇÃO DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOGIAS EMPREGADAS ..	vii
RESUMO	01
ABSTRACT	03
1. INTRODUÇÃO	05
1.1. Objetivos do Trabalho	05
1.2. Metodologia Geral	05
1.3. Caracterização da Área	06
1.3.1. A Área Estudada	06
1.3.2. Geologia da Região da Faixa de Dobramentos Araguaia	07
1.3.2.1. Introdução	07
1.3.2.2. Lito-Estratigrafia	09
1.3.2.3. Estruturas	15
1.3.2.3.1. Braquianticlinais	16
1.3.2.3.2. Geossutura Tocantins-Araguaia	17
1.3.2.3.3. O Edifício Orogênico	17
1.3.2.3.4. Falhas	18
1.3.2.3.4.1. Lineamento Iriri-Martírios	18
1.3.2.3.4.2. Falha de Empurrão de Tucuruí	19
1.3.2.3.4.3. Lineamento Carajás	19
1.3.2.3.4.4. Outros Falhamentos Inversos	20
1.3.2.4. Metamorfismo	20
1.3.2.5. Magmatismo	20
1.3.2.6. História Geológica	21
2. GEOFÍSICA	23
2.1. Considerações Gerais	23
2.2. Gravimetria	24
2.2.1. Generalidades	24
2.2.2. Correções das Observações Gravimétricas	27
2.2.3. Procedimentos de Campo: gravimetria e Altimetria	30
2.2.4. Tratamento dos Dados Altimétricos e Gravimétricos	32

	pag.
2.2.4.1.	Altimetria 32
2.2.4.2.	Determinação das Coordenadas Geodésicas das Estações 34
2.2.4.3.	Correção de Maré 34
2.2.4.4.	Correção Topográfica 35
2.2.4.5.	Gravimetria 35
2.2.5.	Fontes de Erro no Levantamento 38
2.2.6.	O Mapa de Anomalias Bouguer 43
2.2.7.	Interpretação Qualitativa do Mapa de Anomalias Bouguer 44
2.2.8.	Interpretação Semi-Quantitativa. Modelamento 2.1/2-D 48
2.2.8.1.	Procedimentos 48
2.2.8.2.	Perfil Redenção-Tupirama (A-A') 50
2.2.8.2.1.	Modelo A-1 52
2.2.8.2.2.	Modelo A-2 54
2.2.8.2.3.	Modelo A-3 57
2.2.8.3.	Perfil Marabá-Abel Figueiredo (B-B') 60
2.2.8.3.1.	Modelo B-1 61
2.2.8.3.2.	Modelo B-2 61
2.3.	Magnetometria 66
2.3.1.	Generalidades 66
2.3.2.	Levantamento Aerogeofísico Brasil-Canadá 68
2.3.3.	Análise Qualitativa dos Mapas de Intensi- dade Magnética do Projeto Geofísico Bra - sil-Canadá (PGBC) 71
2.3.3.1.	Procedimentos 73
2.3.3.2.	Interpretação 73
2.3.4.	Interpretação Semi-Quantitativa. Modelamento 2-D 81
2.3.4.1.	Procedimentos 81
2.3.4.2.	Modelo C-1 82
2.3.4.3.	Modelo C-2 82
2.3.4.4.	Modelo C-3 86
3.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 91
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 101
5.	ANEXOS 108

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	pag.
FIGURAS	
01 - Mapa de Localização da Área	08
02 - Esboço Geológico Geotectônico da Região da Faixa de Dobramentos Araguaia e Domínios Adjacentes	10
03 - Mapa Geológico da Região da Faixa de Dobramentos Araguaia	11
04 - Coluna Estratigráfica	12
05 - Recobrimentos Disponíveis (1:100.000 e 1:250.000) do Projeto Geofísico Brasil-Canadá, dentro dos Limites da Área de Estudos	25
06 - Densidade de Algumas Rochas	28
07 - Localização e Características das Estações de Referências	31
08 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-1	51
09 - Relação das Coordenadas dos Vértices, Posiciona- mento e Contraste de Densidade dos Corpos	53
10 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-2	55
11 - Relação das Coordenadas dos Vértices, Posiciona- mento e Contraste de Densidade dos Corpos	56
12 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-3	58
13 - Relação das Coordenadas dos Vértices, Posiciona- mento e Contraste de Densidade dos Corpos	59
14 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Marabá-Abel Figueiredo. Modelo B-1	62
15 - Relação das Coordenadas dos Vértices, Posiciona- mento e Contraste de Densidade dos Corpos	63
16 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Marabá-Abel Figueiredo. Modelo B-2	64
17 - Relação das Coordenadas dos Vértices, Posiciona- mento e Contraste de Densidade dos Corpos	65
18 - Susceptibilidade Magnética de Algumas Rochas	67

	pag.
19 - Área do Levantamento Aerogeofísico Brasil-Canadá	69
20 - Variação Normal de Intensidade do Campo Geomagnético com a Latitude, para os Limites da Área	72
21 - Variações nos Padrões Magnéticos, Caracterizando os Limites entre os Domínios Ocidental (Cráton Amazônico) e Central (Faixa de Dobramentos Araguaia)	74
22 - Domínio Magnético Central da Faixa de Dobramentos Araguaia	76
23 - Feição na Forma de Auréola, Envolvendo a Braquianticlinal do Lontra	77
24 - Feição na Forma de Auréola, Envolvendo a Braquianticlinal do Pé do Morro	78
25 - Feição Anômala na Forma de Auréola, Compreendendo a Braquianticlinal de Colméia	79
26 - Domínio Magnético Oriental da Área	80
27 - Mapa de Localização do Perfil de Intensidade Magnética C-C'. Modelo C-1	83
28 - Perfil de Intensidade Magnética C-C'. Modelo C-1	84
29 - Mapa de Localização do Perfil de Intensidade Magnética D-D'. Modelo C-2	85
30 - Perfil de Intensidade Magnética D-D'. Modelo C-2	87
31 - Mapa de Localização do Perfil de Intensidade Magnética E-E'. Modelo C-3	88
32 - Perfil de Intensidade Magnética E-E'. Modelo C-3	89
33 - Esboço da Compartimentação da Faixa de Dobramentos Araguaia, com base nas Informações Geofísicas	96
34 - Perfil Geológico Associado ao Modelo Gravimétrico A-1, em Escala Crustal	99
35 - Perfil Geológico (Escala Crustal) Associado ao Modelo Gravimétrico A-3	99

TABELAS

01 - Correção Topográfica (ΔT) para Estações Representativas da Área	36
02 - Influência do Fator de Correção (λ) na Anomalia Bouguer Simples	37

	pag.
03 - Variação do Gradiente de Gravidade Teórica com a Latitude	40
04 - Estações com Leituras de Altitude Confrontadas	41
05 - Densidades de Amostras de Algumas Rochas da Faixa de Dobramentos Araguaia	49

ANEXOS

- 01 - Mapa de Anomalias Bouguer Simples

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOGIAS EMPREGADAS

C	- Designador de temperatura
cm	- Centímetro
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DGRF	- Definitive Geomagnetic Reference Field
DNPM	- Departamento Nacional da Produção Mineral
DOCEGEO	- Rio Doce Geologia e Mineração S/A
E	- Leste
E-W	- Orientação Leste-Oeste
et al.	- E outros
FCT	- Fator de Correção de Temperatura
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
GE	- Grupo Estrôndo
GO	- Sigla do Estado de Goiás
GRS	- Geodetic Reference System
GT	- Grupo Tocantins
h	- Altitude (em relação ao nível do mar)
IGRF	- International Geomagnetic Reference Field
IGSN	- International Gravity Standardzation Net
km	- Quilômetro
L	- Leitura
Lat/ ϕ	- Latitude
Li	- Leitura inicial
Long	- Longitude
MA	- Sigla do Estado do Maranhão
Ma	- Milhões de ano
Mgal	- Miligal (10^{-3} Gal)
N	- Norte
NE	- Nordeste
NNW	- Nor-noroeste
N-S	- Orientação Norte-Sul
nT	- Nano-Tesla (10^{-9} Tesla)
NW	- Noroeste
Oe	- Oersted
O.N.	- Observatório Nacional

Op. cit.	- Supra citado
PETROBRÁS	- Petróleo Brasileiro S/A
PA	- Sigla do Estado do Pará
PGBC	- Projeto Geofísico Brasil-Canadá
S	- Sul
s	- segundo (unidade de tempo)
SE	- Sudeste
SSE	- Sul-sudeste
SW	- Sudoeste
T	- Tesla (unidade de intensidade magnética)
T _i	- Temperatura inicial
UFPA	- Universidade Federal do Pará
u.l.	- Unidade de leitura
u.cgs	- Unidade de intensidade magnética - sistema CGS
W	- Oeste
Δg_h	- Correção de Altitude (Ar Livre)
Δg_B	- Correção Bouguer
Δg_{el}	- Correção de Elevação (Redução de Preyer)
Δg_ϕ	- Correção de latitude
Δh	- Diferença de altitude
ΔT	- Correção Topográfica
γ	- Gama - unidade de intensidade magnética (10^{-9} Tesla)
λ	- Fator de conversão do gravímetro
ρ	- Densidade do material rochoso
2-D	- Modelamento em duas dimensões
2.1/2-D	- Modelamento em duas e meia dimensões
V _p	- Velocidade sísmica da onda principal

RESUMO

O presente trabalho consiste na interpretação de informações gravimétricas e aeromagnetométricas (Projeto Geofísico Brasil-Canadá - PGBC) da região setentrional da Faixa de Dobramentos Araguaia, envolvendo uma área de aproximadamente 129.000km^2 , compreendida entre os meridianos $47^{\circ}50'W$ e $50^{\circ}30'W$ e paralelos $4^{\circ}50'S$ e $9^{\circ}00'S$. Abrange porções sudeste do Estado do Pará, noroeste de Goiás e oeste do Maranhão.

Os trabalhos de campo constaram de levantamentos gravimétrico e altimétrico, ao longo de rodovias que constituem a rede viária regional, e os resultados obtidos, após correções e reduções, foram então organizados de forma a constituírem um mapa de anomalias Bouguer, apresentado em escala 1:500.000.

O padrão gravimétrico da faixa de dobramentos Araguaia se caracteriza por mostrar feições predominantemente longitudinais, com curvas isoanômalas de direções submeridianas, concordante com o comportamento litológico-estrutural conhecido para a área.

Na porção centro-meridional desse mapa aparece uma zona de anomalia negativa, alongada e intensa (menos de -100mgal), a qual sofre duas importantes inflexões para NW, sendo uma correlacionável ao Lineamento Carajás, e a outra na altura do paralelo $5^{\circ}30'S$. Apresenta zonas de altos gravimétricos, notadamente na porção noroeste (domínio cratônico), relacionada à influência das metavulcânicas do Grupo Grão Pará, e na porção nordeste, devida a massas densas introduzidas na crosta. Destaca-se também o relativo alto gravimétrico acompanhando o flanco oriental do eixo de ocorrência das braquidobras, podendo ser devido a massas excedentes colocadas sob essa região, através de esforços tectônicos, produzindo elevações do nível de base da crosta e consequentemente do embasamento.

De forma genérica o flanco oriental da faixa mostra um gradiente mais intenso que o ocidental, devido principalmente à configuração geométrica das estruturas nesse setor. Da mesma forma merece destaque o gradiente regional ascendente de sul para norte.

A análise das cartas de intensidade magnética do PGBC fornecem condições à individualização de diversos domínios magné

ticos, perfeitamente correlacionáveis litológico e estruturalmente com as unidades geotectônicas que compõem o arcabouço regional, assim como suas subunidades.

A execução de modelamento simples, quer para as informações gravimétricas como magnetométricas, objetivaram fornecer subsídios semi-quantitativos à interpretação, de forma a auxiliar no estabelecimento do padrão geométrico do embasamento da faixa de dobramentos Araguaia, assim como das estruturas a ela impostas. Assim, por meio do processamento das informações gravimétricas, verificou-se um padrão geométrico na forma de fatias imbricadas, estabelecidas sobre o substrato. A grande anomalia negativa da porção centro-meridional da faixa pode estar relacionada a uma deficiência de massa profunda (depressão na base da crosta) ou ainda a uma associação entre contraste de densidade e espessamento do pacote de supracrustais, nessa porção. O baixo gravimétrico da porção sudeste da área, entre Guarai e Tupirama, é devido a uma depressão do embasamento, da mesma forma como a anomalia negativa associada ao Lineamento Carajás está relacionada a uma estrutura sinformal conhecida.

ABSTRACT

Interpretation of gravimetric and aeromagnetometric informations of the northern region on the Araguaia Orogenic Belt covering an area of approximately 129.000km^2 is presented in this thesis. The area lies between $47^{\circ}50'W$ and $50^{\circ}30'W$ longitudes and between $4^{\circ}50'S$ and $9^{\circ}00'S$ latitudes, over southeast Pará State, north-northwest of Goiás State and west of Maranhão State.

The gravimetric and altimetric measurements were carried out along highways and roads in the region. The gravity data, after corrections and reductions are presented in the form of Bouguer anomalies map on scale 1:500.000.

The gravimetric pattern of Araguaia Orogenic Belt shows features principally of longitudinal extension, with approximately meridional direction. These features are correlated with the known lithological and structural units in the area.

In the central-meridional portion of the map, appears an extended zone of intensive negative anomaly (less than -100mgal). This zone suffers two inflexions, one in the northwest (NW) which correlates to Carajás Lineament, and the other along latitude $5^{\circ}30'S$. The higher gravimetric values, notably in the northwest portion (cratonic domain), are related to the influence of the metavulcanics Grão Pará Group, and those in the northeast portion are attributed to the denser mass intruded in the crust. Notable, also a gravimetric peak on the eastern flank of the brachyanticlines. This peak could be linked to a denser mass placed under this region tectonically, creating elevations in crust base-level and consequently of the basement.

Generally, the eastern flank of orogenic belt show a gradient more intensive than the western, due to principally the geometric configuration of structures. In the similar way there is a notable ascendent regional gradient from south to north.

Through the analysis of magnetic intensity maps, of the Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), different individual domains were identified. These domains correlate lithologically and structuraly with the geotectonics units that constitute the regional framework and their subunits.

Analytical gravity and magnetic modelling were carried out for semi-quantitative interpretation with the objective to establish the basement geometric pattern of the Araguaia Orogenic Belt, and the vinculated structures. On the basis of gravimetric informations, we could verify a geometric pattern in the form of imbricated slices over the substratum. The higher

negative anomaly in the center-meridional portion of the orogenic belt could be related with the deficiency of deeper mass (a depression in the crust bottom), or due to the presence of a low density mass in the supercrustal layers, in that zone.

The gravity depression in the southwest of the area, between Guaraí and Tupirama, could be attributed to a depression in the basement, and in the similar way the negative anomaly associated with Carajás Lineament is related to a sinformal structure.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos do Trabalho

Este trabalho é parte integrante do Projeto Faixa Orogênica Paraguai-Araguaia, em execução desde 1977 pelo Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas (atual Centro de Geociências) da Universidade Federal do Pará, com apoio financeiro inicial do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e atualmente da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). O objetivo deste projeto é estudar a evolução geológica da Faixa de Dobramentos Araguaia e seu embasamento, assim como sua potencialidade mineral.

Apesar das principais relações estratigráficas e estruturais entre as diversas unidades que compõem esse importante segmento crustal da Plataforma Amazônica já terem sido estabelecidas, sua configuração geométrica no entanto ainda não está suficientemente compreendida. Isto deve-se principalmente a grande deficiência de informações subsuperficiais sobre essa região que viessem contribuir para o esclarecimento das relações entre essas unidades em profundidade.

Este trabalho objetiva portanto contribuir para o entendimento estrutural da Faixa de Dobramentos Araguaia, assim como suas relações com as unidades geotectônicas adjacentes, por meio da interpretação de dados gravimétricos e aeromagnéticos.

1.2. Metodologia Geral

O desenvolvimento do trabalho constou da confecção de um mapa-base, com apoio em cartas planimétricas (1:250.000) do Projeto RADAM sendo que, para efeito de apresentação final do Mapa de Anomalias Bouguer, adotou-se como base um esboço geológico em escala 1:500.000, elaborado por pesquisadores do projeto Faixa Orogênica Paraguai-Araguaia (UFPa).

Procedeu-se a execução do trabalho de campo, que consistiu de levantamentos altimétrico e gravimétrico, na forma de perfis, ao longo de estradas que servem à região, utilizando-se de

um gravímetro, três altímetros e quatro termômetros, do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA), assim como cartas topográficas elaboradas pelo IBGE, em escala 1:100.000.

Para a confecção do mapa geológico procedeu-se a integração de informações relativas à região, em diversas fontes disponíveis, sendo apresentado em escala de aproximadamente 1:5.000.000, e também resumidamente como fundo geológico ao mapa de anomalias Bouguer. Da mesma forma foi elaborado um esboço geológico-geotectônico mostrando as relações de contato entre a Faixa de Dobramentos Araguaia e os domínios adjacentes (Ocorrência Amazônica, Fossa de Marajó, Bacia do Parnaíba e Maciço Goiano), enfatizando as principais estruturas de caráter regional conhecidas.

Para efeito de interpretação magnetométrica utilizou-se de cartas do aerolevante magnético do Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), em escala 1:100.000 e 1:250.000.

Os dados gravimétricos e altimétricos foram submetidos a tratamentos automático e manual, para fins de subtração de efeitos indesejáveis, o que culminou em subsídios para a confecção do Mapa de Anomalias Bouguer (Anexo 1).

As interpretações geofísicas foram levadas a efeito de duas maneiras: descrição qualitativa dos mapas de contorno, através da observação dos padrões gerais e das relações destes com as litologias e estruturas conhecidas; modelamento simples, através de programas de computador, visando estabelecer as relações com as estruturas subsuperficiais da faixa de dobramentos, assim como seus contatos com os domínios adjacentes. Os resultados obtidos levaram ao estabelecimento de um sistema de compartimentação regional como também a uma sequência de modelos crustais para a região.

1.3. Caracterização da Área

1.3.3. A Área Estudada

A área investigada neste trabalho está situada na Região Central do Brasil, envolvendo as porções nor-noroeste do Estado de Goiás, sudeste do Pará e oeste do Maranhão. Apresenta

a forma poligonal, abrangendo uma superfície de aproximadamente 129.000km² (Fig.1), com vértices nas seguintes coordenadas geográficas:

A : 04°50'S ; 47°50'W
 B : 09°00'S ; 47°50'W
 C : 09°00'S ; 50°30'W
 D : 07°00'S ; 50°30'W
 E : 07°00'S ; 50°00'W
 F : 04°50'S ; 50°00'W

Esta área acha-se servida por uma rede rodoviária relativamente suficiente, em termos amazônicos, constituindo o sistema viário regional, onde se destacam por suas importâncias as rodovias PA-150, BR-153, BR-010 e BR 226, que cruzam praticamente toda a extensão longitudinal da área, basicamente paralelas ao curso do Rio Araguaia, que juntamente com o Tocantins constituem os principais cursos hidrográficos que drenam a área. Além das rodovias supra-mencionadas, merece citação a rodovia BR-230 (Transamazônica), que transpõe transversalmente a área, passando pela cidade de Marabá (PA), assim como diversas outras estradas secundárias que demandam daquelas e que são responsáveis pela interligação entre as diversas localidades da região.

1.3.2. Geologia da Região da Faixa de Dobramentos Araguaia

1.3.2.1. Introdução

Dentre as unidades geotectônicas ocorrentes na região centro-norte do Brasil, destaca-se um cinturão de metamorfitos, contornando a borda oriental do Cráton Amazônico (Fig.2), denominado "Faixa de Dobramentos Araguaia" (Hasui et al., 1980). Essa unidade tem sido mais extensivamente estudada a partir da execução do Projeto Araguaia (Barbosa et al., 1966), continuando com investigações posteriores levadas a efeito pelo Projeto RADAMBRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Universidade Federal do Pará.

Esse cinturão estende-se ao longo da vale do Rio Araguaia, limitado a sul pelo Lineamento Transbrasiliiano (Cordani et al., 1984), estando sua porção sudoeste encoberta pelos sedi-

mentos da Ilha do Bananal. A porção oriental encontra-se sotoposta aos depósitos sedimentares da Bacia do Parnaíba.

Alguns pesquisadores, tais como Kegel (1965), Cordani et al. (1984) e Caputo et al. (1983) advogam a continuidade desse segmento crustal para o norte, através da Plataforma Continental do Amapá, sendo que Almeida et al. (1986) admitem sua continuidade até imediatamente a norte de Tucuruí (ocultada sob os sedimentos paleozóicos), e consideram que as informações atuais não são suficientes para confirmar aquele postulado. Colocam, no entanto, que certas evidências levam a sugerir que a zona de fraqueza crustal do Baixo Tocantins tenha continuidade para nor-noroeste.

A faixa de dobramentos Araguaia está representada fundamentalmente por uma sequência metapelítica-psamítica, com restritas intercalações de metapsefitos e rochas ígneas intrusivas e extrusivas metamorfizadas, ultramáficas serpentinizadas, alguns corpos anfibolíticos, intrusões de gabros e doleritos, além de rochas sedimentares que, no entanto, não fazem parte da sequência estratigráfica dessa unidade geotectônica.

1.3.2.2. Lito-Estratigrafia

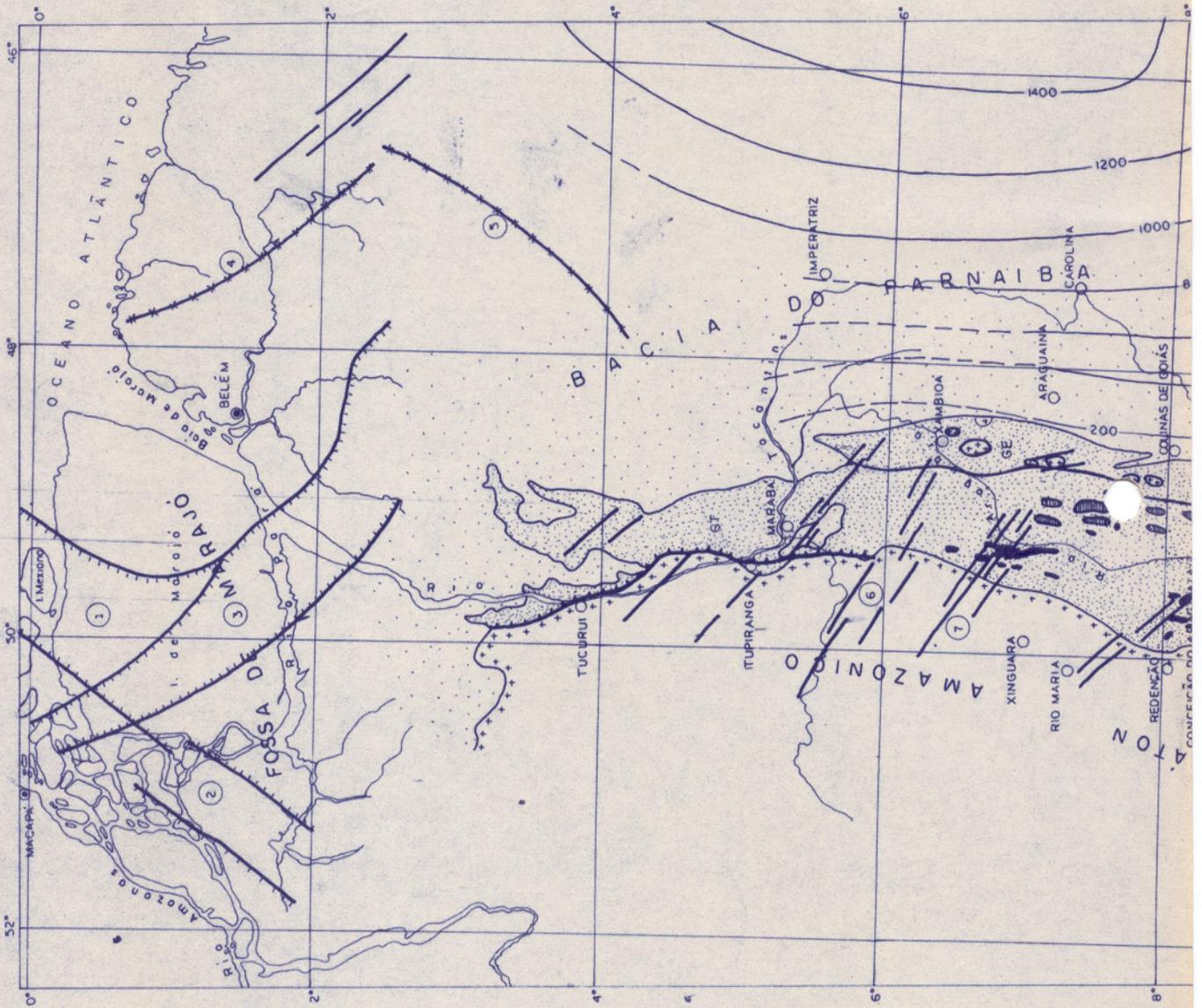
Para efeito de organização da descrição estratigráfica, a região na qual se insere a faixa de dobramentos Araguaia foi subdividida em setores (Fig. 4), envolvendo também a porção oriental do Cráton Amazônico, a parte norte do Maciço Goiano e a região oeste da Bacia do Parnaíba (figuras 2 e 3).

Litologicamente os tipos mais antigos que assomam na região, referidos ao Arqueano e compreendendo o embasamento pré-supergrupo Baixo Araguaia, são constituídos essencialmente de gnaisses, migmatitos e granitos, com intercalações de quartzitos, xistos e anfibolitos, relacionados aos complexos Xingú, Colméia e Goiano (Hasui et al., 1984).

Relacionados ao Proterozóico Inferior ocorrem, nos domínios do Maciço Goiano, metassedimentares de fácies xisto-verde (metaconglomerados, quartzitos, ardósias, filitos, xistos) e calcários, constituindo o Grupo Natividade (Hasui et al., 1981) e um conjunto de rochas ácidas (álcali-granitos, granitos pórfi-

LEGENDA

- COBERTURAS FANEROZOICAS
- FAIXA DE DOBRAMENTOS ARAGUAIA
- FORMAÇÃO RIO DAS BARREIRAS
- GRUPO TOCANTINS
- GRUPO ESTRONDO
- COMPLEXOS XINGU, COLMÉIA E GOIANO. GNAISSE CANTÃO
- HORST
- GRABEN
- ALTO ESTRUTURAL
- LINEAMENTO
- FALHA DE TUCURUI
- LIMITES ENTRE OS PRINCIPAIS DOMÍNIOS GEOTECTONICOS
- CONTATOS GEOLÓGICOS
- LINHAS ISOPACAS
- CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS
- BRAQUIANTICLINAIS
- DRENAGEM
- CIDADES (CAPITAIS)
- LOCALIDADES
- 1 GRABEN DE MEXIANA
- 2 HORST DE GURUPÁ
- 3 GRABEN DE LIMOEIRO



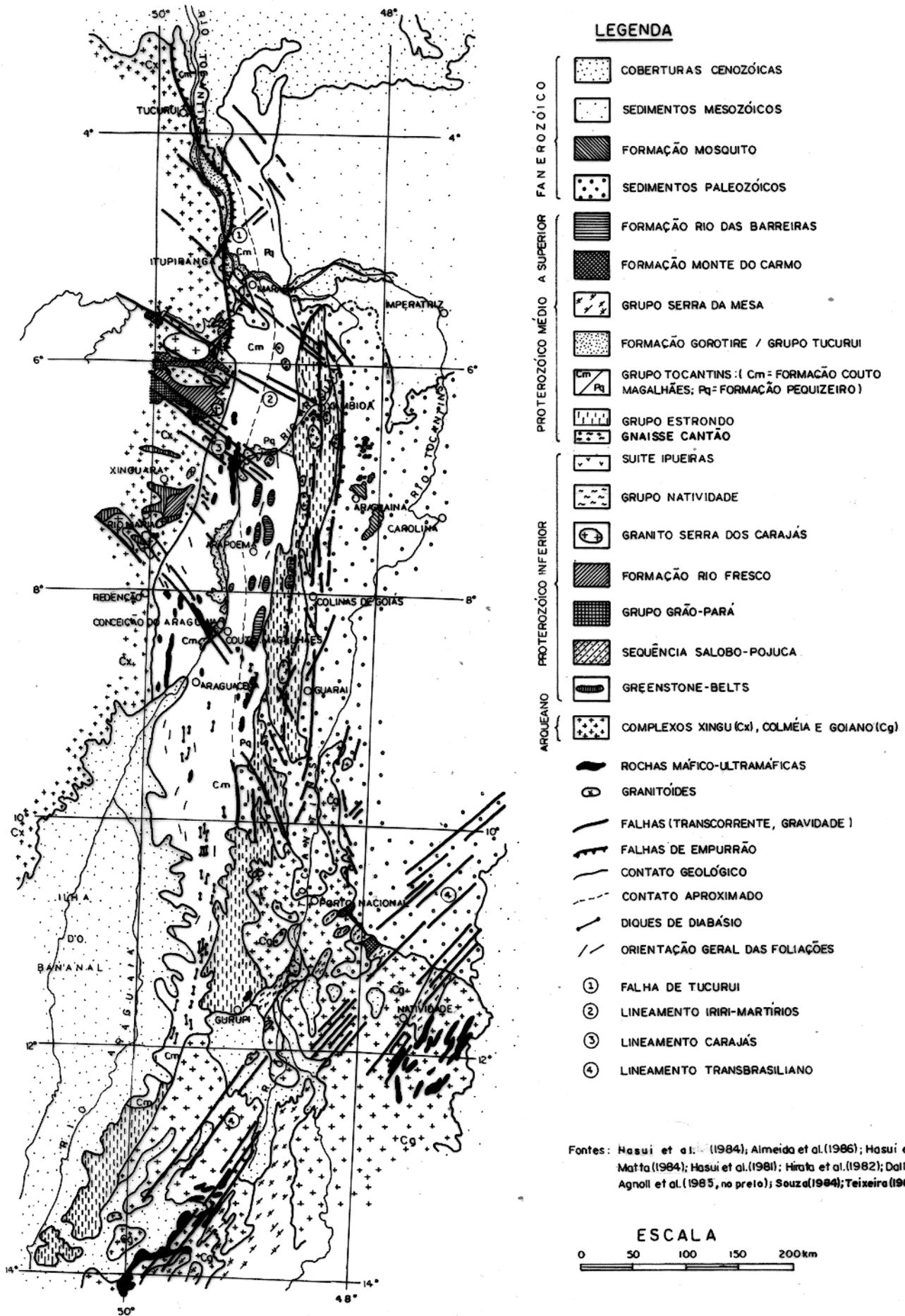


Fig. 3 - Mapa Geológico da Região da Faixa de Dobramentos Araguaia

CRONOES- TRATI- GRAFIA	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS				
	Cráton Amazônico	Faixa de Dobramentos Araguaia	Maciço Goiano	Bacia do Parnaíba	
FANEROZÓICO	Coberturas	Coberturas	Coberturas	Aluviões	
				Formação Mosquito	
				Formação Sambaíba	
				Formação Motuca	
				Formação Pedro de Fogo	
				Formação Pimenteiras	
PROTEROZÓICO	MÉDIO A SUPERIOR	Formação Gorotire e Grupo Tucuruí	Supergrupo Baixo Araguaia Grupo Tocantins	Formação Rio das Barreiras Diques básicos Granitos intrusivos	
				Formação Couto Magalhães	
				Formação Pequizeiro	
				Formação Xambioá	
				Formação Morro do Campo	
	MÉDIO		Gnaiss Cantão	Formação Monte do Carmo	Grupo Serra da Mesa
	INFERIOR	Formação Rio Fresco/ Granito Serra dos Cara- jás Seqüência Salobo-Pojuca Greenstone-Belts			Suite Ipueiras Grupo Natividade
	ARQUEANO	Complexo Xingu	Complexo Colméia	Complexo Goiano	

BASEADA EM: Abreu et al. (1978), Masui et al. (1984), Dall'Agnoli et al. (1985), Masui et al. (1981), Hirata et al. (1981) e Souza (1984).

Fig. 4 - Coluna Estratigráfica

ros, microgranitos, riolitos e riodacitos pórfiros) pertencentes à Suite Ipueira (Hasui et al., 1984). Da mesma forma, nos domínios do Cráton Amazônico (Província Tapajós), segundo Hasui et al. (1981), Dall'Agnoll et al. (1985) e Hirata et al. (1982), ocorrem rochas metassedimentares e metavulcânicas, compreendendo "Greenstone-Belts", Sequência Salôbo-Pojuca (gnaisses, anfibólio-xistos, granada-xistos, magnetita-quartzitos, quartzitos, metabasaltos, itabiritos, biotita-xistos e mármores manganésíferos) e Grupo Grão Pará (metabasaltos espilíticos). Ocorrem também uma sequência de sedimentos predominantemente clásticos, químicos (calcários, domolitos), formação ferrífera bandada e manifestações vulcânicas básicas (basaltos e diabásios) da Formação Rio Fresco, assim como maciços granítico-granodioríticos, grosseiramente circulares relacionados à unidade Granito Serra dos Carajás.

Associadas aos núcleos de algumas das estruturas dômicas, na Faixa de Dobramentos Araguaia, e referidas ao Proterozóico Médio, ocorrem rochas gnáissicas com composições granodioríticas e graníticas (hornblenda-biotita gnáisses, biotita gnáisses, muscovita-biotita-gnáisses), consideradas como pertencentes ao Gnaisse Cantão (Souza, 1984), diferenciadas daquelas do Complexo Colméia por características petrológicas e geocronológicas.

Na região dos limites ocidentais dessa unidade geotectônica, ocorrem arenitos, por vezes conglomeráticos (constituindo coberturas plataformais) relacionadas à Formação Gorotire, assim como uma sequência de derrames basálticos, encimados por um pacote de sedimentos grauváquicos (Matta, 1982), relacionados ao Grupo Tucuruí, ocorrentes nas cercanias da cidade do mesmo nome. Contemporaneamente, na porção sul-sudeste (maciço Goiano), influenciado pelos falhamentos do Lineamento Transbrasiliano, aparecem blocos abatidos e adernados, constituídos de conglomerados, siltitos, argilitos e grauvacas, intercalados com derrames de andesitos e dacitos, além de brechas vulcânicas, relacionadas à Formação Monte do Carmo (Hasui et al., 1981), além de um pacote de metamorfitos (xistos e quartzitos) referenciados ao Grupo Serra da Mesa (Marini et al., 1977).

Ainda referidas ao Proterozóico Médio e sobrepostas

ao embasamento cristalino (nos domínios da Faixa de Dobramentos Araguaia), figuram as unidades que constituem o Supergrupo Baixo Araguaia (Abreu, 1978), representadas pelas formações Morro do Campo e Xambioá, constituindo o Grupo Estrondo, e formações Pequizeiro e Couto Magalhães, representando por suas vezes o Grupo Tocantins. Costa (1980) adicionou, à parte superior do Grupo Estrondo, a Formação Canto da Vazante (xistos feldspáticos, finamente bandadas, com intercalações de quartzitos, biotita xistos e cálcio xistos), sendo que diversos autores (Costa et al., 1983; Santos et al., 1984; Teixeira et al., 1984; Souza, 1984), mantiveram a divisão estratigráfica anterior (Abreu, op. cit.), por não encontrarem justificativa lógica nessa colocação.

A Formação Morro do Campo é representada essencialmente por ortoquartzitos e moscovita-quartzitos, discordantes sobre os gnaisses do Complexo Colméia. Quartzito-moscovita xistos, quartzitos conglomeráticos e quartzitos com magnetita disseminada ocorrem restritamente. Nos contatos com os gnaisses ocorrem pequenas intercalações de anfibólitos e biotita-quartzito xistos. Essa unidade grada para a Formação Xambioá, onde predominam moscovita-biotita-quartzito xistos, sobrepostos aos quartzitos. Intercalados aos micaxistos ocorrem restritamente anfibólitos, hematita-xistos, mármore e metaconglomerados. A Formação Couto Magalhães compreende os metassedimentos terrígenos do Grupo Tocantins (Hasui et al., 1981), constituindo-se essencialmente de filitos com intercalações de quartzitos, que gradam para os litotipos da Formação Pequizeiro (Abreu, 1978). Esta, por sua vez está constituída por clorita xistos e subordinadamente talco-xistos, talco-actinolita xistos, serpentinitos e metabasitos, representando possivelmente um antigo conjunto vulcano-plutono-sedimentar (Abreu, op. cit.). Gorayeb (1981), no entanto, baseado em características petrográficas e metamórficas, considerou a Formação Couto Magalhães como posterior à Formação Pequizeiro, e propôs a inversão na colocação estratigráfica entre ambas.

Corpos máfico-ultramáficos ocorrem associados, especialmente na faixa de distribuição da Formação Couto Magalhães e Grupo Estrondo, assim como granitóides relacionados às braquianticlinais (Fig. 3), de constituição tardia, classifi-

cadadas como intrusões tardi a pós-tectônica (Abreu, op. cit.).

Ocorrem também corpos básicos, na forma de diques, constituindo-se na maioria das vezes como travessões sob o Rio Araguaia, além de pequenas intrusões.

Repousando sobre as rochas do Supergrupo Baixo Araguaia, em discordância angular, ocorrem conglomerados polimífticos, associados com intercalações de arenitos finos e siltitos, sem evidências de deformações ou metamorfismo, em zonas descontínuas da porção mediana central da faixa, constituindo a Formação Rio das Barreiras (Hasui et al., 1981).

Na porção oriental da faixa, grande parte dos metasedimentos do Grupo Estrondo encontram-se recobertos por sedimentos da Bacia do Parnaíba, constituídos de folhelhos e siltitos micáceos, intercalados com arenitos, relacionados à Formação Pimenteiras, além de arenitos esbranquiçados, grossos, e siltitos com níveis de sílex, pertinentes à Formação Pedra de Fogo. Mais objetivamente dentro dos domínios da Bacia do Parnaíba ocorrem as unidades denominadas Formação Motuca (siltitos e arenitos sílticos), Formação Sambaíba (basicamente arenitos) e Formação Mosquito (derrames basálticos com intercalações de arenitos e siltitos). Essas unidades, conjuntamente com os depósitos aluvionares (cascalhos, areias, siltitos, argilas e lateritas) associados aos sistemas de drenagem, constituem a unidade denominada genericamente de Coberturas Fanerozóicas.

1.3.2.3. Estruturas

Ocorrem na região da faixa de dobramentos Araguaia estruturas de diversos tipos e dimensões, as quais podem ser classificadas, para efeitos de descrição, em dois grupos (Abreu, 1978): primárias e tectógenas.

Das estruturas primárias não destruídas pela deformação e metamorfismo regional, pode-se reconhecer acamamento paralelo e gradacional e estratificação rítmica e cruzada. Dentre as tectógenas ressalta-se bandeamento metamórfico, xistosidade, crenulação, lineação mineral, dobras, descontinuidades, juntas e falhas.

Devido ao caráter regional proposto neste trabalho

enfatizaremos apenas aquelas estruturas compatíveis com essa escala e que venham por conseguinte produzir efeitos marcantes nos campos potenciais da Terra, e assim poderem ser detetadas por meio de levantamentos geofísicos. Da mesma forma, àquelas de origem tectônica que, embora não apresentem uma expressão regional, exerçam importância no desenvolvimento geodinâmico da região. Entre estas destaca-se a constância de foliações metamorfo-estruturais, de ocorrência penetrativa nos metassedimentos da faixa, mergulhando sistematicamente para leste, e que se constituem como as feições mais conspícuas e de grande importância para o entendimento geométrico das relações espaciais entre as diversas unidades litológicas presentes.

1.3.2.3.1. Braquianticlinais

São estruturas de caráter flexural, de dimensões variadas (quilométricas a decaquilométricas), com eixos paralelos à direção geral da xistosidade. Mostram-se como feições elípticas, realçadas por quartzitos da Formação Morro do Campo e expondo em seus núcleos erodidos porções gnáissico-migmatíticas do Complexo Colméia, e eventualmente do Gnaisse Cantão.

Essas estruturas se distribuem ao longo de uma faixa submeridiana na porção oriental da área de exposição do Grupo Estrodo, constatatadamente entre as localidades de Xambioá e Colméia, em Goiás. São conhecidas as braquidobras de Lontra, Xambioá, Muricizal, Araguaina, Morro do Campo, Arapoema, Bandeirantes, Colméia, além de outras dispostas mais para sul da área abordada (Hasui et al., 1981).

Santos et al. (1984) desenvolveram estudos sobre as estruturas de Xambioá e Lontra e verificaram a presença de duplo caimento do eixo maior com mergulho em torno de 10° - 20° . A estrutura de Xambioá tem eixo maior com direção NW-SE de cerca de 14km de extensão e eixo menor NE-SW com cerca de 7km. A de Lontra, por sua vez, tem eixo maior de direção NNW-SSE e cerca de 25 km de comprimento, e de eixo menor com extensão de 11km. Apresentam evidências favoráveis a uma origem diapírica por domo gnáissico, associada a anomalias térmicas (domos termais) com eixo térmico de direção aproximadamente N-S, compatível com a

zona de incidência dessas estruturas conhecidas, ao longo da faixa.

Santos et al. (op. cit.) postulam que, em função dessa provável anomalia térmica, os núcleos gnáissicos das braquidobras, mesmo pertencendo ao embasamento, foram remobilizados pela tectonogênese incidente na faixa, chegando a fundirem-se parcialmente, tornando-se mais plástico e conseqüentemente menos densos, ascendendo diapiricamente e arqueando as rochas a ele sobrepostas. O magma resultante dessa fusão, embora restrito, teve função importante nesse processo, atuando como lubrificante na subida do embasamento. A direção aproximadamente N-S dos eixos maiores das braquidobras podem indicar que os eixos gnáissicos foram alongados nessa direção como conseqüência da compressão E-W provocada pela tectonogênese da faixa de dobramentos Araguaia.

1.3.2.3.2. Geossutura Tocantins-Araguaia

Definida por Aleiða (1974), a geossutura marginal desenvolvida na borda oriental do Cráton Amazônico permitiu a regeneração brasileira, culminando com o desenvolvimento de condições geossinclinais, evoluindo para a faixa de dobramentos e uma cadeia orogênica de pequena expressão topográfica.

Constitui-se de descontinuidades subparalelas que se anostomosam e provavelmente se prolongam até o manto, segundo Abreu (1978), propiciando subsidência e ascensão de material do manto, que são os responsáveis pelos corpos máfico-ultramáficos que se observa de modo esporádico por praticamente toda a extensão da faixa. Admite-se que o pacote sedimentar dessa porção crustal apresente espessura suficiente para que condições físicas de fácies anfíbolito profundas pudessem atuar (Abreu, op. cit.).

1.3.2.3.3. O Edifício Orogrênico

Abreu (1978) postulou que a porção da faixa correspondente ao Grupo Estrondo sofreu notável soerguimento orogênico, assimétrico, mais destacável em sua porção oriental, onde o correm dobras decaquilométricas com núcleos migmatizados, compostas de litologias inferiores à seqüência Estrondo. Esse soer

guimento deve ter imposto à faixa orogênica como um todo uma notável assimetria morfológica, expondo rochas de fácies xisto-verde a oeste e anfíbolito a leste. Ocorrem também corpos intrusivos pós-tectônicos, introduzidos nas litologias do Grupo Estrodo. A oeste, nos domínios do Grupo Tocantins, expõem-se rochas de fácies xisto-verde, e mais além rochas anquimetamórficas, como coberturas do cráton Amazônico (Abreu, op. cit.). A Formação Rio das Barreiras é representada por depósitos detríticos, acumulados em área deprimida, e sobreposta à Formação Pequizeiro.

1.3.2.3.4. Falhas

São reconhecidas na região um grande número de falhas direcionais, e subordinadamente de empurrão e de gravidade.

Destacam-se entre essas as falhas direcionais de grande expressão longitudinal (chegam a alcançar centenas de quilômetros de extensão), orientadas principalmente segundo a direção NW-SE e secundariamente NNW-SSE, onde as mais importantes são aquelas que constituem os lineamentos Iriri-Martírios e Carajás.

Também merece destaque a falha de empurrão de Tucuruí, atingindo a metade setentrional da área, além de outras menos expressivas, tais como, Serra das Andorinhas, Rio Muricizal e proximidades de Dois Irmãos (Abreu e Hasui, 1978).

Da mesma forma ocorrem algumas falhas de gravidade, responsáveis entre outras pelo surgimento do Graben de Araguaia, assim como o conjunto de falhas da borda oeste da Bacia do Paranaíba, certamente relacionadas com o tectonismo pós-brasiliano.

1.3.2.3.4.1. Lineamento Iriri-Martírios

Silva et al. (1974) descreveram lineamentos com rumo geral NW-SE, estendendo-se por mais de 650km, a partir da Serra dos Martírios e prolongando-se no sentido noroeste, até serem encobertos pelos sedimentos paleozóicos da Bacia Amazônica.

Nos domínios da faixa de dobramentos Araguaia o Lineamento Iriri-Martírios acha-se representada pelas falhas do

Riacho Xambioá, Rebojo, Fazenda Buriti Contente, Serra das Andorinhas, entre outra. Em função dessas falhas e desse traçado retilíneo, esse lineamento pode ser qualificado como uma zona de transcorrência, à qual se ligam claramente as inflexões do Supergrupo Baixo Araguaia, refletindo um ativo movimento sinistral, com deslocamento do bloco norte para noroeste (Abreu, 1978).

1.3.2.3.4.2. Falha de Empurrão de Tucuruí

Trata-se de uma importante descontinuidade ocorrente no setor leste do território paraense, com extensão admitida de cerca de 400km. Estende-se desde as cabeceiras do Rio Vermelho, próximo a confluência com o Lineamento Iriri-Martírios, até pouco a norte de Tucuruí, obedecendo orientação quase meridiana na porção sul e nor-noroeste no setor leste (Hasui e Matta, 1984). Apresenta mergulho de baixo ângulo para o lado oriental e é responsável pelo acavalamento dos metamorfitos do Grupo Tocantins sobre o Complexo Xingu (Cráton Amazônico).

Corresponde a uma espessa zona de cataclase de limites difusos, afetando os litotipos das coberturas descontínuas do Complexo Xingu (Grupo Tucuruí e Formação Gorotire) e metassedimentos do Grupo Tocantins, dando a entender que a baixa competência dos metapelitos deste inibiu a propagação dos efeitos cataclásticos a grande distância, ao contrário do que ocorreu no Grupo Tucuruí (Hasui e Matta, op. cit.).

1.3.2.3.4.3. Lineamento Carajás

Constitui a estrutura mais proeminente da área de Carajás, estendendo-se por cerca de 300km, com direção geral NW-SE, desde o alto Rio Bacajá (altura do meridiano 51^o) até as proximidades do Rio Araguaia. Apresenta caráter sinistral, com rejeito horizontal aparente da ordem de 40km (Silva et al., 1974), atingindo inclusive os litotipos do Grupo Tocantins. Encontra-se deslocando as unidades Grão-Pará e Rio Fresco, consideradas como de idade proterozóica inferior, sugerindo ter sido reativada em ciclos posteriores ao Evento Transamazônico (Silva et al., op. cit.).

1.3.2.3.4.4. Outros Falhamentos Inversos

Destacadamente no setor norte da Faixa de Dobramentos Araguaia, o Grupo Estrondo encontra-se afetado por grandes falhamentos inversos (Fig. 3), dispostos escalonadamente, com orientação geral N-S, e apresentando cavalgamentos no sentido de leste para oeste. Essa sequência é interrompida vez por outra por cavalgamentos locais nos sentidos W para E e de S para N, conforme observado nas escarpas da Serra do Estrondo, da Serra das Cordilheiras, nas proximidades de Xambioá e Serra dos Martírios, com separação lateral entre as escarpas de cerca de 15 km (Dall'Agnoll et al., no prelo). Teixeira (1984) considerou como devidas a uma etapa tardia na deformação regional, posterior a formação dos domos gnáissicos, e admitidos como de grande importância na evolução do Supergrupo Baixo Araguaia.

1.3.2.4. Metamorfismo

Segundo Costa (1980), as rochas do Complexo Colméia apresentam registros de metamorfismo regional de fácies anfibolito alto, além de migmatização e feldspatização.

No Supergrupo Baixo Araguaia o metamorfismo foi de pressão média a média para alta, caracterizado pela zona de anquimetamorfitos e pelas isógradas da sericita, clorita e biotita, sucedendo-se em faixas submeridianas de oeste para leste, aparecendo isógradas mais elevadas (granada, estaurolita e cianita) nas braquianticlinais. As transformações metamórficas se deram em conexão com os eventos de dobramentos regionais (Silva, 1980; Silva e Hasui, 1978).

As zonas metamórficas estão relacionadas a um evento de caráter regional e variável no tempo. Um outro evento, de caráter local e atribuído a um retro-metamorfismo incipiente, é representado pela associação de clorita, moscovita e biotita.

1.3.2.5. Magmatismo

No Complexo Colméia ocorrem granitóides e anfibolitos com características texturais que atestam eventos magmáticos.

antigos, apesar de não terem ainda sua história bem elucidada.

Segundo Hasui et al. (1981), três episódios magmáticos são reconhecidos, associados ao Supergrupo Baixo Araguaia: o primeiro máfico-ultramáfico e de caráter pré-tectônico, é representado pelos corpos mais ou menos afetados pelo metamorfismo regional, associados ao Grupo Estrondo, à Formação Pequizeiro e destacadamente à Formação Couto Magalhães; o segundo está relacionado às rochas graníticas, pouco ou não metamorfizadas, ocorrentes principalmente no Grupo Estrondo; o terceiro diz respeito aos diques de diabásio, não deformados e não metamorfizados, como aqueles que constituem os travessões do Rio Araguaia.

1.3.2.6. História Geológica

A sequência evolutiva da região da faixa de dobramentos Araguaia tem história que remonta ao Arqueano (Hasui et al., 1981), quando se desenvolveram os terrenos granítico-gnáissicos que constituem os complexos Colméia, Xingu e Goiano, bem como terrenos granulíticos do Cinturão Médio Tocantins (Hasui et al., 1984). A esse tempo houve a atuação do Evento Jequié (2900 a 2600 Ma), responsável por metamorfismo regional, formação de grãnitóides e processos de migmatização e dobramentos.

Atribui-se ao Proterozóico Inferior a faixa de dobramentos Santo Antonio, representada por um pacote metavulcanos sedimentar ao qual se associa a Suite Ipueiras, que comparece junto à borda ocidental do Bloco Natividade (Hasui et al., 1984). Implantaram-se então, na parte leste do Cráton Amazônico, rochas metassedimentares e meta-vulcânicas, englobando "Greenstone-Belts", Sequência Salôbo-Pojuca e Grupo Grão-Prá, assim como a sequência de sedimentos da Formação Rio Fresco e intrusões graníticas (Granito Serra dos Carajás).

No decorrer do Proterozóico Médio deu-se a deposição da Formação Gorotire e Grupo Tucuruí (admitidas como anteriores à deposição do Supergrupo Baixo Araguaia), constituindo-se como coberturas de plataforma, assim como a configuração do Maciço Goiano e o desenvolvimento da faixa de dobramentos Araguaia.

Ainda nesse tempo, o embasamento da faixa sofreu marcante processo de subsidência, responsável pela individualização

progressiva de uma calha (Macambira, 1983), na forma de uma depressão geossinclinal (Hasui et al., 1984) permitindo a deposição do pacote Baixo Araguaia. Evidências levaram esses autores a postular que essa subsidência tenha sido mais acentuada primeiramente a leste, depois a oeste e finalmente na porção central da faixa, obedecendo eixos submeridianos, respectivamente nas zonas de ocorrência do Grupo Estrondo e formações Pequi-zeiro e Couto Magalhães. Tais processos envolveram atividades da Geossutura Tocantins-Araguaia, responsável pela fragmentação crustal, possibilitando a ascensão de materiais básico-ultrabásicos do manto, e regeneração com a constituição de uma bacia longitudinal que acolheu o Supergrupo Baixo Araguaia, envolvendo ainda metamorfismo e deformações polifásicas, relacionadas ao evento Uruaçuano (1800 a 1000Ma). Os processos termotectônicos desse evento impuseram dobramentos no Supergrupo Baixo Araguaia, com vergência para oeste (no sentido do bloco cratônico). O magmatismo associado foi muito mais ativo após a deposição da Formação Pequi-zeiro.

Os últimos processos litogênicos conhecidos do evento Uruaçuano são aqueles que constituem a Formação Monte do Carmo, no Maciço Goiano, atestando ativo deslocamento por falhas (Hasui et al., 1984). São ainda relacionadas a esse Evento, a constituição do Lineamento Transbrasiliano e prováveis intrusões de diques básicos e intermediários.

Durante o ciclo Brasileiro (750 a 450Ma) desenvolveram-se as braquianticlinais, resultantes da ascensão diápirica de gnaisses do Complexo Colméia (Santos et al., 1984). Esse diapirismo foi o responsável pelo arqueamento da cobertura metassedimentar do Supergrupo Baixo Araguaia e por intrusões graníticas ao longo de um provável eixo térmico e a consequente formação de dobras menores. Em consequência dessas intrusões, que resultaram em soerguimentos consideráveis, formou-se um conjunto de falhas radiais em torno das megadobras, seccionando o embasamento e se estendendo pela cobertura metassedimentar. Esse evento foi acompanhado por um reaquecimento das rochas, produzindo um rejuvenescimento isotópico, constatado nos litotipos do Complexo Colméia e do Supergrupo Baixo Araguaia (Costa, 1980).

Em função desses movimentos, predominantemente verti

cais, instalaram-se bacias restritas e alongadas na direção N-S, onde foram depositados os sedimentos que constituem a Formação Rio das Barreiras, considerada como um depósito ligado à fase final do Ciclo Brasileiro, devido a não comprovação de deformações nessa unidade (Abreu, 1978).

Durante o Paleozóico deu-se a formação da Bacia do Parnaíba, estendendo-se por sobre os limites da faixa, onde se destacam os sedimentos das formações Pimenteiras, Pedra de Fogo e Motuca.

No decorrer do Mesozóico foram depositados os sedimentos da Formação Sambaíba, assim como a incidência de manifestações básicas da Formação Mosquito.

Sedimentos recentes, depositados principalmente ao longo da rede de drenagem, constituem as últimas manifestações litogênicas da região, encobrendo parcialmente os tipos litológicos mais antigos.

2. GEOFÍSICA

2.1. Considerações Gerais

O volume de informações obtidas por meio das investigações geológicas, desenvolvidas na região da Faixa de Dobramentos Araguaia, forneceram subsídios para o estabelecimento de um modelo de evolução geológica consistente com as informações superficiais, porém naturalmente limitadas no sentido da compreensão desse segmento crustal em profundidade.

Apesar de se basear em informações indiretas, a Geofísica de Prospecção, suportada nas diferentes propriedades dos materiais que compõem a estrutura crustal, apresenta-se atualmente como uma importante ferramenta em estudos dessa natureza.

Recentes investigações geofísicas efetuadas em regiões cratônicas e cinturões móveis, como aquelas desenvolvidas por Davino (1980); Haralyi (1980); Haralyi e Hasui (1981 e 1982); Hasui e Haralyi (1985) e Lesquer et al. (1981), e comparativamente aos resultados obtidos em províncias geológicas semelhantes, tais como no Canadá (Gibb e Thomas, 1976; Gibb et al., 1983), na Índia, Austrália e África, propiciaram aos métodos geofísicos

uma enorme credibilidade e um considerável potencial de resolução nesse tipo de investigação.

Para a área em questão, todavia, afora o aerolevanteamento magnetométrico e radiométrico executado através do projeto Geofísico Brasil-Canadá (Brasil-DNPM, 1979 c), envolvendo praticamente toda a extensão da área abrangida por este trabalho (Fig. 5) e do Projeto Aerogeofísico Sul do Pará (Martins e Araújo, 1979), basicamente não se dispõe de informações geofísicas. Assim, é importante a realização de investigações geofísicas mais objetivas nessa região, voltada para a integração com as pesquisas já desenvolvidas na circunvizinhança, tais como aquelas devidas a PETROBRÁS e pesquisadores anteriormente mencionados.

Merecem destaque as interpretações das informações aeromagnetométricas do Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), desenvolvidas por Silva e Sá (1982) e Almeida et al. (1986), envolvendo parcialmente a área em apreço. Da mesma forma, merece destaque o levantamento efetuado pelo Observatório Nacional (O.N.), objetivando o estabelecimento da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira (CNPq, 1983), ajustada à IGSN-71 (International Gravity Standardization Net 1971), o qual forneceu condições a que se pudesse executar uma carta Bouguer preliminar de grande parte do território brasileiro.

Dessa forma, o desenvolvimento de investigações gravimétricas e suas interpretações, conjuntamente com as informações aeromagnetométricas do PGBC, conforme proposto neste trabalho, fornecendo resultados mais abrangentes e coerentes com a realidade geológica, certamente muito contribuirão para o entendimento da evolução geológica da faixa de dobramentos Araguaia.

2.2. Gravimetria

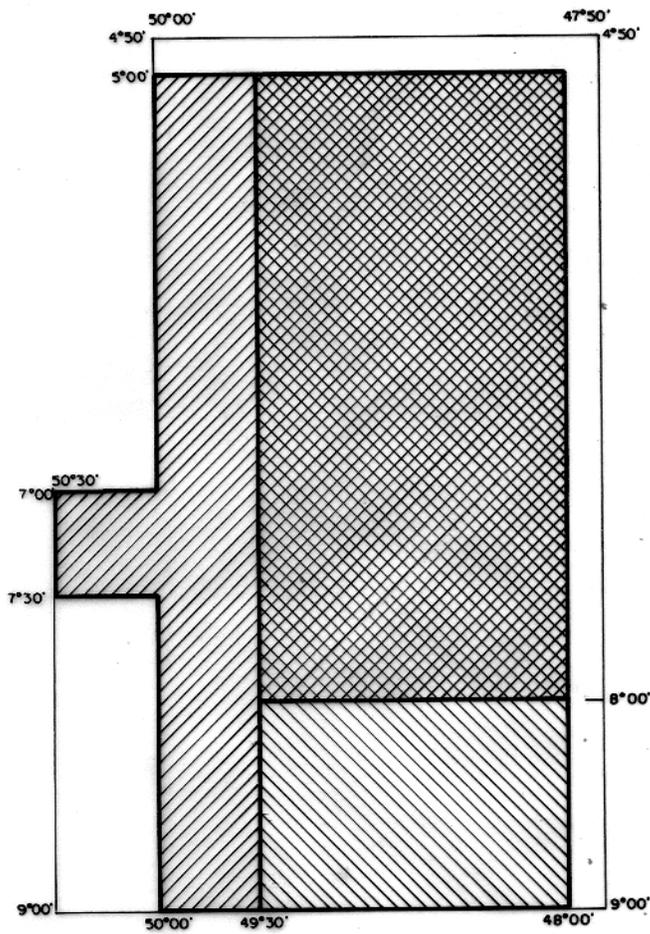
2.2.1. Generalidades

A teoria da prospecção gravimétrica se baseia diretamente na Lei da Gravitação Universal de Newton, que expressa a atração mútua entre duas partículas em função de suas massas e da distância que as separam (Dobrin, 1976; Figuerola, 1974; Telford et al., 1976).

		1:100.000												1:250.000		
		X						Z						X	Z	
		I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI			
SB.22	A									○				○		
	B							○	○	○	○	○	○		○	
	C			○			○	○	○					○		
	D	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SC.22	A			○		○										
	B														○	

LEGENDA

-  ÁREA DO TRABALHO
-  PGBC - 1:100.000
-  PGBC - 1:250.000
-  PGBC - 1:100.000 E 1:250.000
- CARTAS DISPONÍVEIS



ESCALA



Fig. 5 - Recobrimentos disponíveis (1:100.000 e 1:250.000) do Projeto Geofísico Brasil-Canadá, dentro dos limites da área de estudos.

O método gravimétrico de prospecção, por sua vez, consiste na obtenção de medidas de aceleração da gravidade, sobre a superfície terrestre, objetivando detectar estruturas e/ou concentrações minerais em subsuperfície, por meio de distorções que venham a produzir sobre o campo gravitacional normal. Estas distorções ou perturbações locais se originam quando ocorrem variações de densidade nos materiais subjacentes, que constitui o fator essencial para o emprego do método.

A unidade empregada é o Gal, que é equivalente a uma aceleração de 1cm/s^2 , sendo que na prática, como essa unidade mostra-se muito grande, em função das variações normais do campo gravimétrico, utiliza-se mais constantemente o miligal (mgal), que corresponde a um milésimo de Gal (10^{-3}Gal).

Devido à forma e aos movimentos normais da Terra, assim como à distribuição de massa em seu interior, torna-se complicado a obtenção de uma formulação matemática para o Geóide, que é a superfície equipotencial terrestre coincidente com o nível médio dos mares não perturbados por marés, ondas, etc..., prolongando-se por sob os continentes. Assim sendo, comumente se utiliza de uma aproximação algébrica correspondente a um esferóide de referência, o qual se apresenta perfeitamente satisfatório para os trabalhos de prospecção.

Diversos cientistas desenvolveram formulações matemáticas (Mironov, 1977), relacionando a gravidade teórica ao nível do mar (g_0) com a latitude geodésica (ϕ), destacando-se o postulado de Clairaut, seguido de Hermert e outros. Dentre estas formulações, duas merecem destaque:

. **Formulação de Cassini** (Mironov, op.cit.), mais comumente conhecida como "Fórmula Internacional de 1930", que é dada por:

$$g_0 = 978.049 \{ 1 + 0,0052884 \text{sen}^2 \phi + 0,0000059 \text{sen}^2 2\phi \} \text{ (mgal)}$$

. **Formulação de Morelli** (Woodward, 1979) em relação ao sistema de referência geodético da União Internacional de Geodésia e Geofísica, denominada "Geodetic Reference System 1967" (GRS-67) e expressa por:

$$g_0 = 978.031,846 \{ 1 + 0,005278895 \text{sen}^2 \phi + 0,000023462 \text{sen}^4 \phi \}$$

também dada em mgal. Esta formulação, após sua divulgação passou a ser considerada a formulação padrão para levantamentos regionais.

Uma vez que as variações normais de densidade (Fig.6) entre os materiais subjacentes apresenta-se muito pequena (um máximo de duas unidades g/cm^2), necessita-se, para efeito de levantamento, de instrumentos de alta precisão (gravímetros) para as observações de diferenças de leituras entre as estações, as quais podem ser convertidas em valor absoluto quando relacionadas a uma estação com valor de gravidade absoluta conhecida.

Os valores assim obtidos e referenciados ao nível do mar serão comparados com os respectivos valores de gravidade normal ou teórica. A diferença resultante, para cada ponto de observação, recebe a denominação de Anomalia Bouguer, a qual reflete os efeitos de variações de densidade em subsuperfície.

2.2.2. Correções das Observações Gravimétricas

As observações de campo estão sujeitas a variações normais do campo gravimétrico, devido à rotação e posição relativa ao centro da Terra, irregularidades topográficas e variações laterais e verticais de densidade. Exceto esta última, que é o que se pretende determinar, todas as demais são consideradas causas estranhas aos interesses da prospecção e precisam ser eliminadas.

São as seguintes as principais correções gravimétricas:

a. Correção de Latitude (Δg_ϕ) - corrige os efeitos devido a forma e movimento de rotação da Terra, em relação a uma estação de referência. Pode-se proceder a correção utilizando-se diretamente a formulação convencional teórica referida anteriormente, ou em sua forma diferenciada, que dá a variação em função do afastamento na direção N-S e para um intervalo de latitude (ϕ) bem restrito:

$$\Delta g_\phi = 0,8123 \text{sen}^2 \phi \text{ (mgal/km)}$$

Devido ao aumento normal da gravidade com a latitude, essa correção deve ter sinal positivo para estações com latitu-

des menores que a da estação de referência (base) e negativo no caso contrário.

Tipo	Rochas	Densidade/satura (g/cm ³)	
		variação	média
Sedimentar	Argila	1,63 - 2,6	2,21
	Arenito	1,61 - 2,76	2,35
	Folhelho	1,77 - 3,2	2,40
	Calcário	1,93 - 2,90	2,55
	Dolomito	2,28 - 2,90	2,70
Ígneas	Riolito	2,35 - 2,70	2,52
	Andesito	2,40 - 2,80	2,61
	Granito	2,50 - 2,81	2,64
	Granodiorito	2,67 - 2,79	2,73
	Diorito	2,72 - 2,99	2,85
	Diabásio	2,50 - 3,20	2,91
	Basalto	2,70 - 3,30	2,99
	Peridotito	2,78 - 3,37	3,15
Metamórfica	Quartzito	2,50 - 2,70	2,60
	Xisto	2,39 - 2,90	2,64
	Serpentinito	2,4 - 3,1	2,78
	Gnaisse	2,59 - 3,0	2,80
	Anfibolito	2,90 - 3,04	2,96
	Granulito	2,67 - 3,1	-

Adaptada de Telford et al. (1976) e Carmichael (1984)
Fig. 6 - Densidade de Algumas Rochas

b. Correção de Ar-Livre ou Altitude (Δg_h) - considera a variação normal da gravidade com distância ao centro da Terra, e é dada por:

$$\Delta g_h = 0,3086 \text{ (mgal/m)}$$

Essa correção tem sinal positivo para estações localizadas acima do nível do mar e vice-versa.

c. Correção de Bouguer (Δg_B) - compensa o efeito devido a uma placa de espessura igual à cota da estação (se referi

da ao nível do mar) e de densidade (ρ) dada em g/cm^3 . É expressa por:

$$\Delta g_B = 0,04191 \cdot \rho \quad (\text{mgal/m})$$

Como essa influência tende a diminuir o efeito da correção de Ar-Livre, apresenta sinal inverso àquela.

A combinação entre as correções de Ar-Livre e Bouguer constitui a denominada "Correção de Elevação" ou Redução de Preyer (Sazhina e Grushinsky, 1971), que é dada por:

$$\Delta g_{e1} = (0,3086 - 0,04191 \cdot \rho) \quad (\text{mgal/m})$$

d. Correção de Terreno ou Topográfica (ΔT) - corrige o efeito gravitacional sobre a estação, devido a influência de todas as elevações e depressões situadas acima ou abaixo da mesma, não consideradas na correção de Bouguer. Apresenta sinal sempre positivo e é normalmente precedida numericamente por meio de cartas especiais ou programas de computador, quando se dispõe de topografia em forma digital.

e. Correção de Deriva

Esta correção é composta de duas componentes:

. Deriva Instrumental - causada pelo efeito distensivo da mola do gravímetro, ao longo do tempo e por efeito da temperatura. Gravímetros modernos possuem sistema interno de compensação de temperatura.

A correção desse efeito é procedida normalmente através de reocupações da estação base em intervalos de tempos relativamente curtos, de forma a se poder distribuir essa influência nesse intervalo.

. Efeito de Maré - corrige os efeitos atrativos do sol e da lua sobre a superfície equipotencial terrestre, devido aos movimentos de rotação da Terra e da rotação do sistema Terra-Lua em torno do centro de massa comum.

Esse efeito é comumente corrigido por meio de cartas ou programas de computador disponíveis. Se as reocupações da estação base se deram em intervalos de tempo reduzido (menos de duas horas entre as leituras sucessivas), esse efeito é corrigido meramente através da construção de uma curva de deriva, relacionando a variação temporal da gravidade.

2.2.3. Procedimentos de Campo: Gravimetria e Altimetria

Durante a execução do levantamento de campo procurou-se, na medida do possível, trabalhar em função das bases gravimétricas pertencentes à Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira, estabelecidas pelo Observatório Nacional e reajustadas à IGSN-71 (Escobar e Santos, 1980). Assim foram utilizadas as estações de Guaraí, Colinas de Goiás e Araguaina, todas no território de Goiás. Além dessas foram estabelecidas as estações de Marabá e Rio Maria (DOCEGEO), no Estado do Pará, através de ligação simples com a estação do Aeroporto Val de Cães, em Belém (Fig. 7)

Dessa forma, dada a importância de informações altimétricas (cotas das estações) e a deficiência de referências de níveis oficiais nessa região, procedeu-se um levantamento altimétrico em toda a extensão da área pesquisada, ao longo das estradas, concomitantemente com a obtenção das informações gravimétricas. Esse levantamento foi levado a efeito no período de 01 a 22 de Outubro de 1986.

Os instrumentos utilizados nesse levantamento foram: um gravímetro Lacoste & Romberg modelo G-628, com precisão de medida da ordem de 0,01mgal; três altímetros barométricos, sendo um Wallace & Tiernam, modelo FA181, com precisão de leitura de 10 pés (aproximadamente 3m), um Thommen, modelo 3B4, com precisão de 2m, e o terceiro de marca Micromatic, tipo Paulin, modelo MDM-5, com precisão de 0,5m; quatro termômetros, sendo três em escala centígrada e um Fahrenheit.

Todo o levantamento foi procedido ao longo de estradas que constituem a rede viária regional, além de estradas particulares (fazendas), com prioridade para aquelas com traçado preferencialmente transversais à extensão da faixa. Utilizou-se de um veículo Gurgel (modelo Carajás), com odômetro divisionado quilometricamente.

A localização de cada estação foi feita com base nas distâncias percorridas ao longo das estradas, com média de 5km, priorizando pontos de mais fácil identificação em mapas, tais como cruzamentos de rodovias, fazendas, localidades, rios, etc., e evitando-se locais aterrados assim como cortes nas estradas.

ESTACÃO	FONTE	DENOMINAÇÃO	LOCALIZAÇÃO	COTA (m)	COORDENADAS		GRAVIDADE OBSERVADA (mgol)
					LATITUDE(S)	LONGITUDE (W)	
080279	O.N.	Guaraí "B"	DNER/Subresidência 12/11-1 (GO)	254,95	08°49,80'	48°30,50'	978.057,341
090379	O.N.	Colinas de Goiás (GO)	Canteiro central/ Pça. 21 de Abril	228,78	08°03,20'	48°28,50'	978.049,159
N080479	O.N.	Araguaína "B"	Pátio Hosp. Reg. de Araguaína	226,73	07°11,70'	48°12,30'	978.014,536
-	UFPA/Sauck	Aeroporto/Marabá (PA)	Base da coluna da entr. Recepção	101,40	05°24,63'	49°16,37'	978.019,140
-	UFPA/Sauck	DOCEGEO/Rio Maria (PA)	Base da coluna da entr. Administr.	202,00	07°16,30'	50°05,81'	978.044,870

FONTES : OBSERVATÓRIO NACIONAL (O. N.) - Boletim Informativo Nº 5 (1983)
 Sauck/UFPA - Comunicação pessoal

Fig. 7 - Localização e características das Estações de Referência.

Sempre que possível buscava-se coincidi-la com referências de níveis existentes (IBGE ou DNER), sendo que raramente se conseguia identificá-los. Com o traçado dessa natureza caracterizou-se pois uma malha do tipo irregular.

Devido à impraticabilidade de retornos frequentes às estações de referência, em função da extensão dos perfis, que chegou a exceder 100km, adotou-se a sistemática de circuitos com fechamento ao final de cada dia de levantamento. Na medida do possível repetiam-se leituras em estações intermediárias, para fins de avaliação da precisão do levantamento e para auxiliar na correção final dos dados altimétricos (distribuição de erros).

Procedeu-se manter um altímetro fixo na base, o de maior precisão, com o qual se efetuava medidas em intervalos de 10 minutos, para efeito de correção da deriva instrumental (variação normal com a pressão), juntamente com dois termômetros. Outros dois altímetros foram feitos itinerantes, juntamente com o gravímetro e os demais termômetros, para a obtenção dos registros em cada estação. Anotava-se sempre os dois valores de altimetria e temperatura, um para cada instrumento, utilizando-se sempre a média, após a conversão para a mesma unidade, caso fosse necessário.

Foram levantadas 393 estações, além de 36 repetições, sendo que destas apenas duas foram coincidentes com referências de níveis oficiais do IBGE (Itupiranga e Rio Maria, no Estado do Pará).

2.2.4. Tratamento dos Dados Altimétricos e Gravimétricos

Após a execução do levantamento de campo, os dados reunidos foram submetidos a tratamento manual e/ou automático, para subtração dos efeitos estranhos ao levantamento.

2.2.4.1. Altimetria

Os altímetros barométricos são instrumentos sensíveis às variações de pressão atmosférica, que por sua vez, estão diretamente relacionadas às oscilações atmosféricas e a variações de altitude, sendo que as leituras devem ser corrigidas pa-

ra valores diferentes ao da "temperatura de calibração" do instrumento (que para o altímetro tipo Pauling é 10 C).

Além da correção de temperatura necessita-se corrigir os efeitos devidos às variações de pressão atmosférica e, posteriormente compensar os erros através de redução à base e às estações repetidas, no caso do altímetro itinerante.

a. Correção de Temperatura

Uma vez que a temperatura do ar não é constante ao longo do tempo, induz variações na densidade do ar e que implica diretamente na calibração do instrumento. Isto decorre do fato de que um aumento na temperatura torna o ar mais rarefeito, portanto menos denso, fazendo com que a leitura efetuada nesta condição seja maior que a verdadeira, e vice-versa.

Para proceder correções para a temperatura utilizam-se os valores obtidos por meio dos termômetros, que juntamente com as leituras dos altímetros são transportados para ábacos, gráficos ou tabelas, ou ainda tratados algebricamente por meio de uma matemática simples, de acordo com os procedimentos seguintes:

1. Determina-se a média entre as leituras de temperatura sucessivas:

$$C = (C_i - C_{i-1}) / 2 \quad i = 2, 3, 4, \dots, n \quad (n \text{ é o número de leituras})$$

2. Calcula-se as diferenças de leitura entre as observações sucessivas:

$$L = L_i - L_{i-1} \quad i = 2, 3, 4, \dots, n$$

3. Calcula-se o Fator de Correção de Temperatura (FCT) por meio da seguinte equação:

$$FCT = (C - 10) \cdot 0,0035 \cdot L$$

onde 10 é a temperatura de calibração do instrumento (altímetro) e o fator 0,0035 equivale à diferença entre a altitude verdadeira e a registrada, para cada grau de temperatura acima ou abaixo da temperatura de calibração.

Esses procedimentos foram adotados quer para o altímetro fixo como para o altímetro itinerante.

b. Correção para Pressão Atmosférica

Com base nos resultados obtidos para o altímetro fixo, após correção de temperatura, para cada dia de levantamento, constroem-se curvas denominadas "curvas de correção" (Gomes, 1965; Lahee, 1970), de altitude corrigida versus horário de leitura, as quais servirão para corrigir as informações obtidas para o altímetro de campo, através de interpolação linear simples, somando ou subtraindo destes, a depender do sinal desse fator.

c. Redução à Base e às Estações Repetidas

Para o altímetro de campo, após efetuadas as correções para temperatura e pressão atmosférica, observa-se o fechamento diário dos circuitos, verificando-se as leituras na base e nas estações repetidas de cotas conhecidas. Os resultados incoerentes devem então serem reduzidos aos valores reais, interpolando erros intermediários nas estações, em função do tempo.

Os resultados finais, após todas essas correções e reduções, foram considerados como as cotas das estações, para serem utilizadas nas correções das informações gravimétricas.

2.2.4.2. Determinação das Coordenadas Geodésicas das Estações

As estações foram inicialmente plotadas nas bases topográficas, em escala 1:100.000 (Brasil - IBGE, 1980), as quais fornecem, para a área em apreço, a melhor aproximação em termos de escala e de identificação dos acidentes geográficos e obras civis, que são os principais elementos de referência. Foram localizadas com base nas distâncias percorridas ou pontos de fácil distinção nos mapas.

Após esses procedimentos, foram então calculadas as coordenadas geográficas para cada estação, com precisão de centésimos de minuto, por interpolação simples (para cada intervalo de 10').

2.2.4.3. Correção de Maré

As correções para os efeitos de maré foram feitas por meio de um programa elaborado por Longman (1959) e adaptado

para utilização no DECSSYSTEM 1091 da UFPa, o qual gera gráficos diários desses efeitos, em mgal, e em função do tempo. Por simples interpolação linear se obtém os valores para cada estação.

2.2.4.4. Correção Topográfica

Fazendo uso da metodologia descrita por Hammer (1939) obteve-se a correção de terreno para doze pontos (estações) representativos da morfologia topográfica da área (Tabela 1). Tais pontos foram escolhidos de modo a se obterem valores médios de cerca de 0,4 mgal, representando uma maioria expressiva na área, assim como valores máximos, com cerca de 1,1 mgal, e mínimos, menos de 0,01 mgal, por suas vezes constituindo um número restrito de pontos, de forma a se obter uma média ponderada de cerca de 0,35 mgal de influência topográfica.

2.2.4.5. Gravimetria

Os dados de interesse para o tratamento gravimétrico, tais como leituras no gravímetro, cotas, coordenadas, horários de leituras para cada estação, gravidade observada da estação base, fator de correção de maré e constante de conversão do instrumento foram introduzidos num programa para a determinação da Anomalia de Bouguer Simples, elaborado por Sauck (informação pessoal) e adaptado para este trabalho.

Foram os seguintes os procedimentos para o tratamento dos gravimétricos:

a. Como as leituras no gravímetro oscilaram entre 1500 e 1700 unidades de leitura (u.l.), utilizou-se então de dois valores para o fator de conversão (λ), sendo uma para as leituras compreendidas na faixa 1500-1600 u.l. ($\lambda_1 = 1,02073$) e outro para o intervalo 1600-1700 u.l. ($\lambda_2 = 1,02081$), conforme instruções do fabricante.

Na prática, todavia, esse procedimento é irrelevante, para trabalhos dessa natureza, uma vez que a diferença obtida (Tabela 2), considerando-se os dois fatores, é da ordem de $\pm 0,002$ mgal, deveras inferior a própria precisão do gravímetro.

Tabela 1 - Correção Topográfica (ΔT) para estações representativas da área

Perfil	Trecho	Estação	Cota (m)	Anom. Boug. (mgal)	ΔT (mgal)
GO-376	Guarai-Colméia	03	552,6	-42,829	1,121
GO-376	Guarai-Colméia	05	378,8	-51,960	0,558
GO-376	Colméia-Pequizeiro	08	302,4	-54,745	0,328
GO-376	Colméia-Pequizeiro	10	305,7	-74,300	0,378
GO-376	Pequizeiro-Couto Magalhães	16	205,9	-95,372	0,918
GO-280	Couto Magalhães-Colinas	32	340,4	-57,789	0,610
GO-280	Couto Magalhães-Colinas	33	439,5	-54,330	1,030
BR-153	Colinas-Guarai	40	210,5	-52,890	0,607
-	Colméia-Itaporã	02	329,1	-53,162	0,634
-	Colméia-Itaporã	07	434,7	-64,621	0,539
GO-283	Colinas-Arapoema	16	226,4	-104,819	0,008
-	Marabá-Parauapebas	13	226,0	-3,301	0,398

Tabela 2 - Influência do Fator de Correção (λ) na Anomalia Bouguer Simples

Perfil	Estação	Leitura (u.l.)	Anom. Bouguer Simples (mgal)		Diferença (mgal)
			Usando λ_1	Usando λ_2	
PA-150 (sul de Redenção)	25	1619,04	- 27,546	- 27,544	- 0,002
PA-150 (sul de Redenção)	27	1612,50	- 30,509	- 30,508	- 0,001
Rio Maria/ Floresta	04	1601,46	- 23,932	- 23,932	0,000
Guarai/ Colinas	35	1600,86	- 46,348	- 46,349	+ 0,001
Guarai/ Colinas	38	1600,75	- 52,193	- 52,195	+ 0,002

u.l. = unidade de leitura

b. A densidade adotada foi de $2,67 \text{ g/cm}^3$, que é o valor internacionalmente utilizado para a correção Bouguer em levantamentos regionais, e tem sido adotado sistematicamente em trabalhos dessa natureza. Assim, procedendo dessa forma, estamos mantendo a coerência com as cartas Bouguer obtidas inclusive em vários outros países.

c. Da mesma forma, considerando-se o datum de referência como sendo o nível do mar, estamos incluindo essas informações dentro de um padrão internacional.

d. A adoção da formulação GRS-67 para o cálculo da gravidade teórica ao nível do mar e em função da latitude, deveu-se a que essa é a formulação internacionalmente empregada em levantamentos regionais, desde o encontro da União Internacional de Geodésia e Geofísica de 1971, em Moscou (Woollard, 1979). Esta fórmula foi obtida corrigindo-se todas as constantes da formulação anterior (Fórmula Internacional de 1930), a partir de dados mais precisos sobre o elipsóide de referência obtidos por meio de satélites e assumindo o novo valor para o datum gravimétrico de referência de Potsdam (IGSN-71).

Os resultados assim obtidos foram primeiramente analisados visualmente, com o objetivo de detetar erros na entrada dos dados (no computador), para serem submetidos posteriormente a interpretação por meio de procedimentos adequados.

2.2.5. Fontes de Erro no Levantamento

Consideraremos os seguintes aspectos como fontes de erros no levantamento gravimétrico:

a. A Observação Gravimétrica

Os erros advindos de leitura no gravímetro podem ser devidos a problemas de deriva ou efeitos de maré, ou ainda a erros de natureza humana (erro de operação), os quais consistem basicamente de acuracidade na leitura e cuidados com as medidas de segurança cabíveis.

A avaliação através de leituras repetidas em estações de controle, assim como as reocupações das estações base, fornecem subsídios quer para a correção da deriva instrumental como para a avaliação final dos resultados. Os valores de

leitura obtidos estiverem sempre dentro de um padrão aceitável de margem de erro ($\leq 0,2$ u.l. entre as medidas de abertura e fechamento de um "loop"). A retira dos efeitos de maré contribuiu fortemente para melhorar a aproximação final dos resultados. Da mesma forma as medidas de segurança, tais como controle de temperatura interna e cuidados no manuseio do instrumento, apesar da rusticidade deste tipo de levantamento, foram sempre tomadas com o rigor necessário.

b. Localização das Estações

Os erros relacionados à localização das estações são devidos principalmente a escala e precisão do mapa e na determinação das distâncias percorridas.

A elaboração do mapa-base fundamentado em cartas planimétricas na escala 1:250.000 do Projeto RADAMBRASIL (Brasil- DNPM, 1983), por esse simples fato já implica numa defasagem de 250m no campo para cada milímetro do mapa, o que implica em introduzir um erro médio de 0,047 mgal para a área em questão, compreendida entre as latitudes 4° S e 9° S (Tabela 3). Este valor é obtido através da fórmula para o cálculo do gradiente de gravidade teórica com a latitude, considerando um erro de 250m na localização da estação:

$$\Delta g_{\phi} = 0,8123 \text{sen} 2 \phi \quad (\text{mgal/km; } \phi = \text{latitude})$$

Por essa tabela observa-se que, para a área, ocorre um gradiente não linear variando de cerca de 0,11mgal a 0,25 mgal/km, agindo no sentido de aumentar o efeito gravimétrico com o aumento da latitude. Na realidade o valor desse gradiente é máximo para a latitude 45° (onde alcança cerca de 0,81 mgal / km), diminuindo simetricamente tanto no sentido dos pólos como do Equador, onde são nulos.

Quanto a precisão dos mapas temos que considerar dois aspectos fundamentais: a localização dos acidentes geográficos (rios, igarapés, etc.) e obras civis (estradas, fazendas, localidades, etc.), e também a precisão na reambulação dos mesmos, uma vez que é comum depararmos com rios e fazendas com nomes trocados, assim como estradas com traçado totalmente distinto do real, além de outras dificuldades.

Tabela 3 - Variação do Gradiente de Gravidade Teórica com a Latitude.

Latitude (grau)	Gradiente (mgal/km)	Variação com a distância (km/mgal)
4	0,11305	8,8456435
5	0,14105	7,0896845
6	0,16889	5,9210137
7	0,19651	5,0887996
8	0,22390	4,4662796
9	0,25101	3,9839050

Os erros devidos à determinação das distâncias entre as estações estão diretamente relacionados com os problemas de escala e de precisão dos mapas, tendo um agravante ainda que é o fato de ter sido utilizado um veículo (GURGEL/Carajás) com odômetro divisionado quilometricamente. Para tentar minimizar esses problemas procurou-se sempre interpolar valores, através de uma avaliação visual, assim como considerar o momento de mudança na quilometragem (odômetro) como parâmetro.

Baseado nas informações constantes da Tabela 3 verifica-se que a defasagem de 1km cometido na localização da estação, na direção N-S, implica em cometer um erro de aproximadamente 0,25mgal. Mais drasticamente, seria necessário cometer uma distorção, na localização da estação (no mapa) de cerca de 4km, para a latitude 9° (ou cerca de 9km, para a latitude 4°), para se atingir um erro no cálculo da gravidade da ordem de 1mgal. Considerando ainda que a grande maioria dos perfis obedeciam estradas com traçados de direção WNW-ESE, uma defasagem de 1km na localização da estação, ao longo desse perfil (estrada), o que é considerado um tanto absurdo para as condições do levantamento, equivaleria num deslocamento N-S da ordem de 400m, com erro menor que 0,1mgal.

c. Altitude das Estações

A exatidão do levantamento topográfico por meio

de altímetros barométricos está diretamente relacionado com a frequência de confrontações que se pode efetuar ao longo do circuito. Neste caso particular, poucas foram as oportunidades de confrontações com estações de cota conhecida, limitando-se, na maioria das vezes, a tentar compará-las com referências de níveis fornecidas pelo IBGE ou mesmo por simples interpolação de curvas de níveis nas cartas topográficas (escala 1:100.000). Naturalmente, que esse não é um procedimento seguro, mas que na indisponibilidade de outros recursos, e para a dimensão deste trabalho, é considerado aceitável, embora com reservas.

Considerando-se as poucas confrontações que foram possíveis efetuar (Tabela 4), do mesmo modo que a comparação com o mapa topográfico, verificamos ter atingido uma precisão na de terminação das altitudes das estações superior a $\pm 10m$.

Tabela 4 - Estações com Leituras de Altitude Confrontadas

Estação	Data da Leitura	Altitude 1 (m)	Cota/Estação (m)	Diferença (m)
Trevo/Marabá	02/10/86	110,2	106,6 (*)	+ 3,6
	03/10/86	104,6		- 2,0
	04/10/86	102,6		- 4,0
	05/10/86	99,2		- 7,4
RN 985-L (IBGE)	09/10/86	193,0	191,29	+ 1,71
	10/10/86	191,0		- 0,29

Obs: Altitude 1 - obtida após correções de temperatura e pressão atmosférica, antes da distribuição de erros.

(*) - cota assumida (após correções e reduções).

A influência da altitude na gravidade pode ser avaliada através da fórmula para a correção de elevação, como segue:

$$\Delta g_{e1} = (0,3086 - 0,04191 \cdot \rho) \cdot \Delta h \quad (\text{mgal})$$

Considerando-se uma diferença de altitude (Δh) de 10m e a densidade (ρ) igual a $2,67g/cm^3$, obtém-se:

$$Ag_{el} = (0,3086 - 0,04191 \cdot 2,67) \cdot 10 = 1,967 \text{ mgal.}$$

Portanto, uma diferença de 2mgal, para um levantamento que revelou anomalias da ordem de 100mgal, com linhas de contorno espaçadas de 5mgal, é considerada aceitável.

Ademais, o experimento para a correção topográfica de alguns pontos estratégicos da área (Tabela 1) revelou valores máximos da ordem de 1,12mgal. Com esses resultados julgou-se irrelevante proceder correção topográfica para toda a área, uma vez que se espera que a grande predominância da morfologia topográfica da mesma revele um máximo de 0,4mgal de influência.

d. Influência do Afastamento entre os Altimetros na Correção de Pressão Atmosférica.

Para a sistemática adotada, admite-se que a uma distância de até 20km entre as baterias de altímetros fixos e de campo, as diferenças na pressão atmosférica não comprometem a precisão final dos resultados. Todavia, para este caso particular, foram levantados perfis com distâncias que excedem 100km, o que teoricamente comprometeria o levantamento. No entanto, considerando-se os resultados alcançados, assim como as observações de campo e o caráter regional do trabalho, esperamos que esse fator não tenha afetado de forma danosa os resultados, podendo ser empregada essa metodologia para trabalhos dessa natureza, a depender da época do ano e das condições atmosféricas e topográficas da região.

e. A Determinação da Gravidade Observada

As gravidades observadas das estações de Marabá (Aeroporto) e Rio Maria (acampamento da DOCEGEO), foram obtidas por ligação simples com a estação de Belém (Portaria do Aeroporto Val de Cães - Estação 081481 "M", Observatório Nacional) com defasagem de uma hora entre as leituras. Os valores obtidos foram submetidos às correções devidas (deriva instrumental, maré, etc.).

Apesar de não se tratar de um procedimento preciso (muito longe de se comparar com a metodologia empregada pelo Observatório Nacional, para o estabelecimento da Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira), observamos que o erro gerado não te-

ve efeito capaz de comprometer os resultados. Além do mais, os erros advindos desse procedimento não influenciariam o padrão gravimétrico relativo das estações relacionadas às mesmas. O máximo que se pode esperar é um deslocamento nas curvas isoanômalas, em função das mudanças nas intensidades da anomalia (para mais ou para menos), influenciando muito pouco os resultados obtidos.

f. A Determinação dos Contrastes de Densidade em Profundidade.

A densidade média crustal comumente utilizada na redução de Anomalia Bouguer é $2,67\text{g/cm}^3$. No entanto existem alguns pesquisadores que contestam de certa forma essa consideração, baseados em uma representação para a constituição crustal chegando a valores significativamente maiores que este. Woollard (1969), considera um valor mais razoável da ordem de $2,93\text{g/cm}^3$.

Esta diferença todavia afetaria de modo regular todos os valores absolutos alcançados, uma vez que se pode calcular, através da formulação para a variação da anomalia de gravidade com a elevação e considerando a densidade crustal, que uma variação de $0,1\text{g/cm}^3$ na densidade média crustal, resulta em cerca de $4,2\text{mgal}$ na correção de massa incluída, para cada 1000m de mudança na elevação.

Dessa forma, esse fator não compromete os resultados de anomalia Bouguer obtidos, uma vez que se trata de uma consideração sistemática, afetando apenas os valores absolutos, embora não seja absolutamente linear, de forma que os valores relativos podem ser considerados como praticamente inalterados.

Para a área em apreço, onde a diferença máxima de altitude não excede 470m , uma variação de $0,1\text{g/cm}^3$ na determinação da densidade média crustal, resulta numa oscilação na correção de massa incluída da ordem de $2,2\text{mgal}$, o que efetivamente não prejudica a interpretação deste levantamento.

2.2.6. O Mapa de Anomalias Bouguer

O Mapa de Anomalias Bouguer (Anexo 1), apresentado em escala $1:500.000$, foi elaborado considerando o intervalo entre as linhas de contorno de 5mgal , em função da amplitude dos

valores obtidos, da precisão alcançada (melhor que 2 mgal) e da dimensão regional do levantamento. A extrapolação das linhas de contorno em zonas de baixa densidade de informações, ou mesmo onde não se dispõe destas, foi procedido obedecendo como critério principal o comportamento sequencial das mesmas e considerando ainda o quadro litológico-estrutural conhecido para a faixa de dobramentos Araguaia.

De modo genérico o padrão gravimétrico da área em apreço está representado por linhas de contorno que se estendem em direção predominantemente submeridiana, constituindo eixos anômalos individualizados e compatíveis com esse comportamento geral.

O eixo central, mais proeminente, se caracteriza por apresentar uma forte intensidade negativa, atingindo menos de -105mgal, notadamente na sua porção mediana inferior. A leste dessa feição e bordejando o flanco oriental da faixa de dobramentos, destaca-se um eixo de relativo alto gravimétrico, que alcança mais de -30mgal, caracterizado por apresentar zonas anômalas mais positivas, isoladas, e distribuídas ao longo do mesmo, notadamente entre as localidades de Guarai e Xambioá. No flanco oriental da área observa-se um terceiro eixo de intensidade negativa, atingindo menos de -60mgal, com sua porção meridional obedecendo ao comportamento geral da área, sofrendo marcante estrangulamento em sua porção mediana, divergindo para NE, e daí para norte, adentrando nos domínios da Bacia do Parnaíba.

2.2:7. Interpretação Qualitativa do Mapa de Anomalias Bouguer

O padrão gravimétrico geral do mapa de anomalias Bouguer (Anexo 1), com linhas de contorno de direções predominantemente submeridianas, reflete grosseiramente o comportamento litológico-estrutural admitido para o setor setentrional da faixa de dobramentos Araguaia.

O comportamento submeridiano das linhas de contorno, tornando-se mais negativos para o centro da área, reflete a conformação de uma calha longitudinal, onde a faixa de maior intensidade negativa deve coincidir com a porção de maior subsidência do embasamento e conseqüentemente maior espessura do pacote de metassedimentos do Supergrupo Baixo Araguaia sobrepostos ao mesmo. A zona de mínimo gravimétrico da porção mediana inferior desse eixo negativo parece refletir a porção mais profunda dessa região, e coincide em superfície com a zona de exposição dos sedimentos da Formação Rio das Barreras, que por suas características sedimentares é considerada como acumulada em área deprimida, segundo Abreu (1978).

A forte inflexão das linhas de contorno para NW (eixo central),

na altura do paralelo 7°S , parece estar diretamente relacionado com a estrutura imposta pelo lineamento Carajás, de caráter sinistral, mostrando uma zona de deficiência de massa relacionada à estrutura sinformal conhecida (Beisiegel et al., 1983). A intensidade gravimétrica de -60mgal , se prolongando para dentro dos domínios do Cráton Amazônico, onde a média está em torno de -25mgal , atesta uma zona de considerável profundidade ou ainda podendo ser devida a uma expressiva diferença de densidade entre as rochas que constituem essa zona abatida e as adjacentes, dominadas pelos litotipos do Complexo Xingu.

A baixa densidade de informações na porção intermediária da área, entre os paralelos $5^{\circ}30'\text{S}$ e $6^{\circ}30'\text{S}$, quer dentro dos limites admitidos para a faixa de dobramentos como nas adjacências do Cráton Amazônico a oeste e Bacia do Parnaíba a leste, não nos permite tecer considerações mais conclusivas que viessem a complementar um raciocínio sequencial lógico. Todavia, considerando também o volume de informações geológicas disponíveis, podemos caracterizar essa região como aparentemente modelada, em termos do padrão regional, pelas estruturas impostas a norte e a sul desta, haja visto a intensidade e o comportamento das curvas isoanômlas apresentadas.

A forte inflexão das linhas de contorno para NW na altura do paralelo $5^{\circ}30'\text{S}$, parece refletir uma notável zona de estruturação, de caráter sinistral, responsável pelo deslocamento relativo do bloco setentrional, a norte desse paralelo, naquele sentido. Todavia, o alinhamento desse bloco com aquele mais meridional, a sul do Lineamento Carajás, assim como as inflexões das curvas nos limites norte e sul desse bloco intermediário parece significar ter sido esse bloco que foi forçado a se deslocar para leste, em relação aos adjacentes.

O eixo de intensidade relativamente positiva bordejando o flanco oriental da faixa parece estar diretamente relacionado com o "eixo térmico" admitido por vários autores como responsável pela ascensão diapírica de material gnáissico, na forma de domo, e que originou uma série de braquidobras ao longo de sua extensão. A incidência de zonas anômalas positivas fechadas, ao longo desse eixo, apresenta uma forte correspondência com esse postulado, uma vez que se trata de material do embasamento colocado diapiricamente a profundidades modestas, ou mesmo aflorantes, como é o caso das estruturas conhecidas. Na região de Colméia, assim como sistematicamente ao longo de toda a faixa de ocorrência das braquidobras, a zona mais intensa deslocada da área de afloramento do núcleo da braquianticlinal homônima corresponde ao maior volume da massa envolvida, em subsuperfície, colocado sob essa região. Na região de Lontra aparecem dois núcleos positivos bem individualizados. O

primeiro imediatamente a sul da área de exposição do núcleo da estrutura de mesmo nome. O segundo, a sudeste dessa estrutura, cruzando a rodovia GO-386 (trecho Araguaianã-Araguaina), apresenta intensidade gravimétrica maior e circunda o flanco oriental da Serra das Cordilheiras. Da mesma forma que os anteriores representa uma massa anômala, com contraste de densidade positivo, colocada a profundidade moderada.

De um modo geral todas as braquidobras conhecidas dispõem-se ao longo desse eixo. A inexistência de informações gravimétricas mais para norte de Xambioá, até na altura da rodovia Transamazônica, não permite observar a continuidade (ou não) dessa feição nesse sentido.

A norte dessa linha de referência (rodovia BR-230) aparece uma forte anomalia positiva, chegando a alcançar mais de -5mgal, admitida aqui como extensão da zona de anomalia positiva ocorrente a noroeste de Imperatriz (MA), de conformidade com a colocação de Abreu et al. (1984), considerada por esses autores como devida a rochas densas injetadas na crosta sílica durante a fase distensiva.

Localizado na porção mais oriental da área e alcançando menos de -60mgal, aparece um terceiro eixo gravimétrico, aparentemente relacionado a uma zona deprimida. A participação dos sedimentos da Bacia do Parnaíba devem exercer alguma influência nessa anomalia negativa, sendo que a falta de informações mais precisas sobre a espessura desse pacote nos impede de estabelecer a dimensão dessa influência. A porção setentrional desse eixo apresenta direção submeridiana, concordante com o padrão regional, fletindo para NE a medida que se prolonga para norte. Apresenta um marcante estrangulamento a altura do paralelo $7^{\circ}45'S$, onde o alto gravimétrico relacionado ao flanco oriental do eixo das braquidobras tende a se confundir com aquele ocorrente em toda a porção oriental inferior da área. Na região de Araguaina ocorre um relativo baixo gravimétrico, considerado como a provável continuação desse eixo para norte, o qual flete para NE, adentrando nos domínios da Bacia do Parnaíba. Mesmo a despeito da ocorrência aqui de derrames basálticos da Formação Mosquito, essa zona de anomalia negativa parece refletir uma maior espessura dos sedimentos e conseqüentemente uma maior profundidade do embasamento. O fato de ocorrer um alto na porção sudeste da área, onde se esperava que houvesse continuidade da zona de anomalias negativas relacionadas à bacia, corrobora a hipótese da continuidade do embasamento da faixa para leste, nesta porção, dando a entender que o limite, em profundidade, da faixa de dobramentos Araguaia com a Bacia do Parnaíba encontra-se ainda mais para leste. A falta de informações geofísicas nessa porção dificulta a conclusão do

raciocínio.

A grande deformidade das curvas relacionadas ao flanco ocidental, notadamente onde se dispõe de mais informações, quer geofísicas como geológicas, está estreitamente relacionada com a complexidade litológica desse setor do Cráton Amazônico. Essa porção envolve a ocorrência do Complexo Xingu, o qual encontra-se permeado de diversas configurações litológicas, exemplificadas por intrusões granítico-granodioríticas, manifestações vulcânicas, sequências metassedimentares e metavulcânicas e coberturas sedimentares, e estruturais, caracterizadas por falhamentos e dobramentos. Destaca-se nessa porção, a zona de anomalias negativas relacionada ao Lineamento Carajás e a forte influência positiva ocorrente nas proximidades de Parauapebas (PA).

O padrão das linhas de contorno no flanco leste da área, concorda com o comportamento geral da faixa de dobramentos, e em marcante contraste com o flanco ocidental, embora sabidamente dentro dos domínios da Bacia do Parnaíba, leva-nos a concluir que: (1) o embasamento da faixa de dobramentos e da Bacia do Parnaíba têm comportamentos estruturais semelhantes e radicalmente contrastante com aquele do setor cratônico; (2) ou talvez o limite oriental da faixa de dobramentos esteja ainda mais para leste.

O gradiente gravimétrico constatado ao longo dos perfis de observação mostra, de forma genérica, uma notável diferença entre os flancos oriental e ocidental da faixa de dobramentos Araguaia. Este último mostra um gradiente bastante suave (para a intensidade da anomalia observada), com valores menores que 1mgal/km, observado ao longo do perfil Redenção-Guarai, mais a sul, e BR-230 (para leste de Marabá), conforme se observa no mapa de anomalias Bouguer (Anexo 1). O flanco oriental por sua vez mostra um gradiente mais acentuado, especialmente nas porções nordeste da área, onde alcança cerca de 3mgal/km no perfil Marabá-Abel Figueiredo (Fig. 14), e mediana inferior, ao longo da rodovia GO-283, com cerca de 2mgal/km. Este está relacionado à porção central da faixa com o eixo de arqueamento das braquidobras. Na porção sudeste, nas proximidades de Tupiratins, observa-se um gradiente um tanto maior que 1mgal/km. Esse gradiente mais forte, relacionado ao flanco oriental, corresponde ao comportamento geométrico das camadas, mergulhando para leste. Associado a isso existe ainda a contribuição de uma componente tectônica, responsável pela geração de falhas inversas (Dall'Agnol et al., no prelo), e o consequente deslocamento de blocos.

Além desses de caráter locais, destaca-se um gradiente regional de sul para norte, notadamente a partir da porção mediana inferior da área, onde a intensidade gravimétrica alcança menos de -100mgal, na porção central

da faixa, chegando a cerca de -60mgal na porção mais setentrional da área . Comportamento semelhante, embora com intensidades diferentes, observa-se no âmbito do Cráton Amazônico e Bacia do Parnaíba, onde varia de cerca de -60mgal a sul para próximo de -10mgal a norte. Conforme pode-se observar mais para norte, de acordo com Abreu et al. (1984), com base nos levantamentos efetuados pela PETROBRÁS, este gradiente continua nesse sentido.

Uma visão global da área, tomando como base principal o eixo de anomalias gravimétricas negativas da faixa, e considerando o comportamento regional do Mapa Bouguer, permite que desmembramos essa região em três compartimentos distintos, caracterizados por apresentarem principalmente intensidade e direções das linhas de contorno diferentes. Assim, denominaremos o compartimento setentrional, definido a norte do paralelo 5°30'S de "Setor Marabá"; o compartimento central (intermediário), delimitado a sul pelo Lineamento Carajás de "Setor Xambioá", e finalmente o compartimento mais meridional, localizado a sul desse lineamento, de "Bloco Araguacema", concordando com a denominação empregada por Haralyi e Hasui (1981) no sul de Goiás. Este bloco, apresentando intensidade gravimétrica negativa mais forte e maior extensão (tanto longitudinal como transversal à faixa), parece encontrar-se mais abatido que os demais. Isto pode ser devido ao processo de subsidência mais intenso nessa porção da faixa, causado pelo maior volume de material acumulado e sobreposto ao embasamento. O Setor Marabá, da mesma forma, também parece encontrar-se abatido, relativamente ao compartimento central, há ja vista a maior intensidade negativa observada no eixo central, assim como a maior dispersão das curvas nessa zona deprimida. Todavia, a deficiência de informações nesse setor central, principalmente, faz com que se deixe em aberto essa discussão, até que se disponha de dados mais conclusivos nessa zona.

2.2.8. Interpretação Semi-Quantitativa. Modelamento 2.1/2-D

2.2.8.1. Procedimentos

A partir da observação visual do mapa de anomalias Bouguer (Anexo 1), foram selecionados dois perfis para serem submetidos a modelamento, o bedecendo como critérios principais a maior disponibilidade de informações ao longo destes, a representatividade dos mesmos em relação às principais feições, e a dimensão regional do trabalho, abrangendo ao mesmo tempo os três grandes domínios que ocorrem na região, representados pelo Cráton Amazônico, Faixa de Dobramentos Araguaia e Bacia do Parnaíba.

Os perfis foram tomados ao longo de uma reta, sobre a qual fo

ram projetados os pontos de valores conhecidos e deslocados destes, e considerando ainda o comportamento sequencial das linhas de contorno.

Utilizou-se, na operação de modelagem, de um programa elaborado por Enmark (1981), originalmente em versão FORTRAN-77 e modificado para ser implementado no DECSYSTEM-1091 da UFPa. Trata-se de um programa bastante versátil, uma vez que permite o ajuste iterativo manual de modelos gravimétricos de diferentes formas e direções, em perfis não lineares, e limitados na terceira dimensão (2.1/2-D).

Para efeito de modelagem considerou-se como "background" regional a faixa de -20mgal a -60mgal, para o intervalo de elevação da região (90m a 552m), conforme definido por Woollard (1959), baseado na relação existente entre anomalia de gravidade Bouguer e elevação (ajustado para o novo datum de Potsdam), para regiões consideradas tectonicamente estáveis.

Da mesma forma, em função da limitada quantidade de informações reais de densidade, uma vez que foram ensaiadas apenas 12 amostras (Tabela 5) dos diversos litotipos que constituem o arcabouço estratigráfico da região, os contrastes de densidade entre os pacotes considerados, em escala crustal, foram também considerados com base em tabelas, como aquela da figura 6, ou modelos obtidos por meio de estudos de velocidade sísmica (V_p) e cálculo de pressão, para profundidades envolvendo a crosta e o manto superior, conforme apresentado por Garland (1979).

Tabela 5 - Densidade de amostras de rochas da Faixa de Dobramentos Araguaia.

Litologia	Quant. amostras	Var. densidade (g/cm ³)
Gnaisse	04	2,53 - 2,68
Quartzito	03	2,55 - 2,64
Xisto	04	2,68 - 2,75
Ardósia	01	2,43

Foi desenvolvida então uma sequência de modelos gravimétricos que refletissem a anomalia Bouguer observada, com o in

tuito de enfatizar a questão da ambiguidade nas operações de modelamento e mostrar assim algumas das possibilidades de distribuição subsuperficial de massa que venha a satisfazer os resultados alcançados nas operações de campo.

2.2.8.2. Perfil Redenção Tupirama (A-A')

Com uma extensão de 250km, este perfil estende-se de NW para SE, desde a região de Redenção (PA), considerada dentro do domínio cratônico, cruzando transversalmente a faixa de dobramentos Araguaia, na porção meridional da área, passando imediatamente a sul de Conceição do Araguaia e Couto Magalhães, norte de Pequizeiro, Colméia e Guaraf, terminando em Tupirama, margem esquerda do Tocantins, admitida como dentro dos limites da Bacia do Parnaíba (ver Anexo 1). É o perfil mais representativo de toda a sequência lito-estrutural da área, quer por sua abrangência como pela densidade de informações ao longo de sua extensão. Transpõe toda a sequência do Supergrupo Baixo Araguaia e Formação Rio das Barreiras, cruzando a faixa de maior incidência conhecida de corpos máfico-ultramáficos, a zona de ocorrência das braquianticlinais, além de abranger parte do embasamento exposto do Cráton Amazônico a oeste, e porção sedimentar da Bacia do Parnaíba a leste.

Este perfil apresenta a configuração de uma zona de ampla deficiência de massa, delimitando a porção da faixa de dobramentos (Fig. 8), mostrando uma anomalia negativa que alcança menos de -95mgal, aumentando de intensidade a medida que se avizinha dos flancos, notadamente na porção ocidental onde atinge -43mgal. Destaca-se um considerável alto gravimétrico em sua porção SE, nas imediações de Colméia, alcançando cerca de -41mgal, assim como outras ondulações, certamente relacionadas com contrastes laterais de densidade entre os corpos litológicos de naturezas diferentes.

Para corresponder às respostas obtidas (anomalia Bouguer), foi desenvolvida uma sequência de três grupos de modelos, por meio de iterações manuais, objetivando mostrar opções distintas que satisfaçam os resultados do levantamento.

2.2.8.2.1. Modelo A-1

Este modelo (Fig. 8) considera o embasamento se estendendo de forma contínua por toda a extensão da faixa de dobramentos, com densidade semelhante àquela do Cráton Amazônico (Complexo Xingu) e embasamento da Bacia do Parnaíba. O pacote representativo do Supergrupo Baixo Araguaia foi aqui considerado relativamente uniforme, com contraste de densidade, em relação ao pacote crustal, da ordem de $-0,30\text{g/cm}^3$. Este contraste de densidade, conjuntamente com a variação de espessura do pacote de metassedimentos, são os responsáveis pela geração da anomalia negativa regional, que empresta a conformação de uma "bacia". A zona de alto gravimétrico, a leste da faixa de ocorrência das estruturas dômicas, por sua intensidade, com variação de mais de 40 mgal, e comprimento de onda de mais de 50km, foi considerada aqui como causada por um soerguimento do embasamento, e consequentemente uma menor espessura do pacote de metassedimentos. Da mesma forma, as ondulações observadas principalmente no domínio do Grupo Tocantins foram modeladas como sendo devidas a corpos máfico-ultramáficos, com contraste de densidade de $+0,10\text{g/cm}^3$, assim como a baixa intensidade a leste de Guarai sendo devida a uma depressão do embasamento, aliada à presença da sedimentação da Bacia do Parnaíba. Não foi procedida diretamente correção para esses sedimentos, o que poderia implicar numa menor profundidade do embasamento, nessa porção. A grande anomalia negativa central da área, alcançando menos de -94mgal , foi considerada nesse modelo como uma zona deprimida do substrato, na forma de uma pequena fossa, com profundidade estimada de 4,6km (varia inversamente ao valor do contraste de densidade admitido), auxiliada ainda pela relativamente delgada fatia representativa da Formação Rio das Barreiras, colocada com contraste de densidade de $-0,50\text{g/cm}^3$ (Fig. 9). Apesar de pouco se conhecer a respeito da extensão em profundidade dos sedimentos da Formação Rio das Barreiras, estimada em cerca de 50m (Gorayeb, 1981), a coincidência de sua zona de ocorrência conhecida, em superfície, com o mínimo gravimétrico observado, conduz a que pensemos numa maior representatividade dessa sedimentação em profundidade, provavelmente encaixada numa zona abatida estruturalmente.

Algumas das características interessantes das fei

CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	0,10	0,10	0,10	-0,50	-0,30	-0,30
POSICÃO (graus)		90,00	90,00	90,00	90,00	85,00	90,00	90,00
EXTENSÃO (km)	-Y	-100,00	-20,00	-25,00	-20,00	-30,00	-100,00	-100,00
	+Y	100,00	20,00	25,00	20,00	30,00	100,00	100,00
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	-5,00	73,50	82,50	99,50	128,00	86,00	170,00
	Z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	X	73,00	75,00	86,00	103,00	142,00	99,50	260,00
	Z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	X	80,00	82,00	101,00	115,00	139,00	111,50	243,00
	Z	0,50	0,50	1,20	1,00	0,10	1,00	1,50
4	X	82,00	80,00	97,50	111,50	134,00	115,00	243,00
	Z	0,50	0,50	1,20	1,00	0,10	1,00	2,00
5	X	75,00	-	-	-	-	103,00	230,00
	Z	0,00	-	-	-	-	0,00	2,00
6	X	82,50	-	-	-	-	128,00	226,00
	Z	0,00	-	-	-	-	0,00	1,50
7	X	97,50	-	-	-	-	134,00	204,00
	Z	1,20	-	-	-	-	0,10	0,10
8	X	101,00	-	-	-	-	139,00	196,00
	Z	1,20	-	-	-	-	0,10	0,10
9	X	107,00	-	-	-	-	142,00	185,00
	Z	3,00	-	-	-	-	0,00	0,40
10	X	65,00	-	-	-	-	170,00	175,00
	Z	3,20	-	-	-	-	0,00	1,55
11	X	55,00	-	-	-	-	168,00	170,00
	Z	2,20	-	-	-	-	0,90	0,80
12	X	40,00	-	-	-	-	160,00	168,00
	Z	1,20	-	-	-	-	2,85	0,90
13	X	30,00	-	-	-	-	144,00	-
	Z	1,20	-	-	-	-	4,60	-
14	X	24,00	-	-	-	-	123,00	-
	Z	1,50	-	-	-	-	4,60	-
15	X	10,00	-	-	-	-	107,00	-
	Z	0,50	-	-	-	-	3,00	-
16	X	5,00	-	-	-	-	101,00	-
	Z	0,50	-	-	-	-	1,20	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

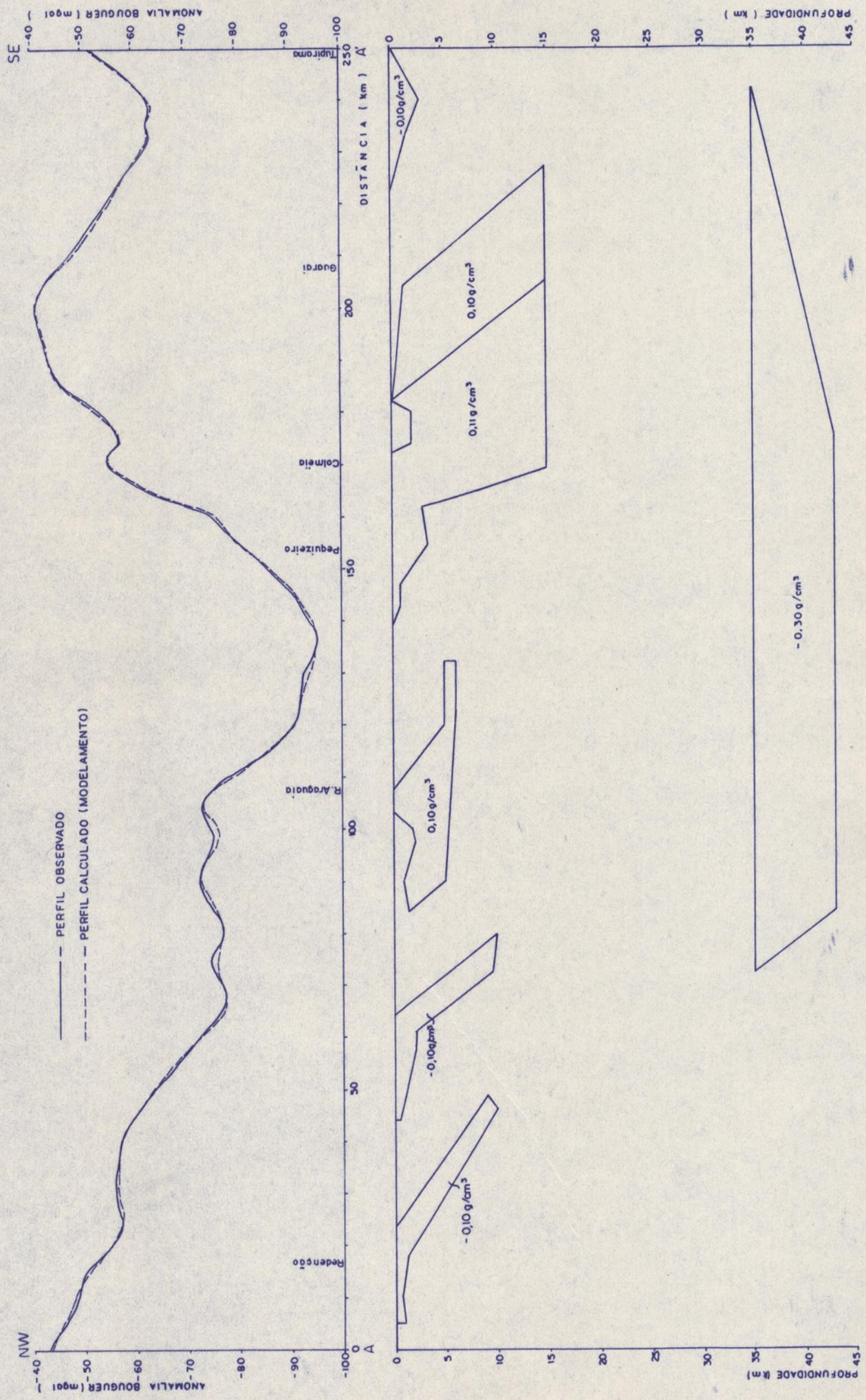
Fig. 9 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamento e contraste de densidade dos corpos. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-1.

ções resultantes deste modelo, para a distribuição considerada de massa em subsuperfície, são: (1) o mergulho aparente dos corpos de massa mais densa colocados dentro das supracrustais para SE, na sua porção mais rasa, tendendo a se tornarem horizontalizados a medida que se aprofundam; (2) a não continuidade desses corpos em profundidade, reforçando a hipótese de que se trata de corpos alóctones; (3) a grande anomalia positiva da porção SE deste perfil, oriental à faixa de ocorrência das braquianticlinais, corresponde a uma porção do embasamento colocada a profundidade moderada, provavelmente relacionada à estruturação imposta nesse setor, considerada por Teixeira (1984) como uma etapa tardia na deformação regional e que culminou com o cavalgamento do bloco oriental sobre o ocidental (Dall'Agnol et al., no prelo); (4) a anomalia negativa na porção mais SE, associada a um gradiente positivo no sentido leste, leva a entender a existência de um soerguimento do embasamento dentro da bacia, a leste da área, ou então supor que o limite subsuperficial da faixa com a bacia encontra-se ainda mais para leste; (5) o comportamento escalonado do substrato (Fig. 8), da forma como mostrado, leva-nos a considerar o nível do embasamento nitidamente ondulado ou mesmo constituído por fatias, aparentemente mergulhando para SE.

2.2.8.2.2. Modelo A-2

Este modelo considera que a grande anomalia negativa regional dessa área poderia estar relacionada a uma zona de espessamento crustal sob essa região, produzida por uma depressão na base da crosta (Fig. 10). Apresenta um contraste de densidade, em relação ao manto superior, da ordem de $-0,30\text{g/cm}^3$, tomado com base no modelo de relação crosta/manto apresentado por Garland (1979). Essa zona ocorre a uma profundidade considerada de 35 km (Fig. 11), com 170km de largura, 400km de extensão (sentido perpendicular ao perfil) e espessura máxima de 8km. As demais anomalias residuais, de pequenos comprimentos de onda e baixa amplitude (exceto a anomalia positiva a leste do eixo das braquidobras) podem ser explicadas por corpos de dimensões menores, apresentando diferentes contrastes de densidade e colocados a profundidades moderadas.

De um modo geral os corpos mais rasos mantêm, neste



LEGENDA



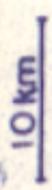
- CONTORNO DO CORPO MODELADO

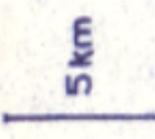
- 0.30 g/cm³ - CONTRASTE LATERAL DE DENSIDADE

ACURACIDADE DO MODELAMENTO: 0,07 mgal

"BACKGROUND" REGIONAL: - 40 mgal

ESCALA :

HORIZONTAL :  10 km

VERTICAL :  5 km

EXAGERO VERTICAL - 2:1

Fig. 10 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-2.

CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	-0,10	0,10	0,11	-0,10	0,10	-0,10
POSICÃO (graus) *		60,00	90,00	90,00	85,00	90,00	85,00	58,00
EXTENSÃO (km)	-Y	-200,00	-50,00	-20,00	-30,00	-50,00	-100,00	-50,00
	+Y	200,00	50,00	20,00	30,00	50,00	100,00	50,00
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	72,00	5,00	84,00	139,00	44,00	183,00	222,00
	Z	35,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,20	0,00
2	X	242,00	23,00	90,00	172,00	64,00	204,00	250,00
	Z	35,00	0,00	0,98	0,00	0,00	1,20	0,00
3	X	175,00	49,00	97,50	174,00	80,00	227,00	240,00
	Z	43,00	9,00	2,10	2,00	10,00	15,00	2,90
4	X	84,00	46,00	100,00	180,00	72,00	205,00	233,00
	Z	43,00	10,00	1,84	2,00	9,50	15,00	1,60
5	X	-	18,00	103,80	182,00	60,80	-	-
	Z	-	1,20	0,00	0,00	2,00	-	-
6	X	-	10,00	107,00	205,00	58,00	-	-
	Z	-	0,60	0,00	15,00	2,10	-	-
7	X	-	5,00	120,00	169,00	44,00	-	-
	Z	-	0,80	5,00	15,00	0,50	-	-
8	X	-	-	132,00	165,00	-	-	-
	Z	-	-	5,00	8,50	-	-	-
9	X	-	-	132,00	161,50	-	-	-
	Z	-	-	6,00	2,90	-	-	-
10	X	-	-	123,00	155,00	-	-	-
	Z	-	-	6,00	3,50	-	-	-
11	X	-	-	90,00	147,00	-	-	-
	Z	-	-	5,00	0,80	-	-	-
12	X	-	-	-	142,50	-	-	-
	Z	-	-	-	0,80	-	-	-
13	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
14	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
15	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
16	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

Fig. 11 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamento e contraste de densidade dos corpos. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-2.

modelo, o mesmo comportamento do modelo anterior. Uma característica interessante, neste caso, é o fato de o mergulho dos corpos tenderem a aumentar no sentido para leste, aparentemente tendem a inverterem esse sentido, emprestando a aparência de uma grande sequência dobrada, mesmo apesar de a distribuição dos corpos, neste modelo, terem uma conformação um tanto aleatória, objetivando evidenciar o problema da ambiguidade no modelamento.

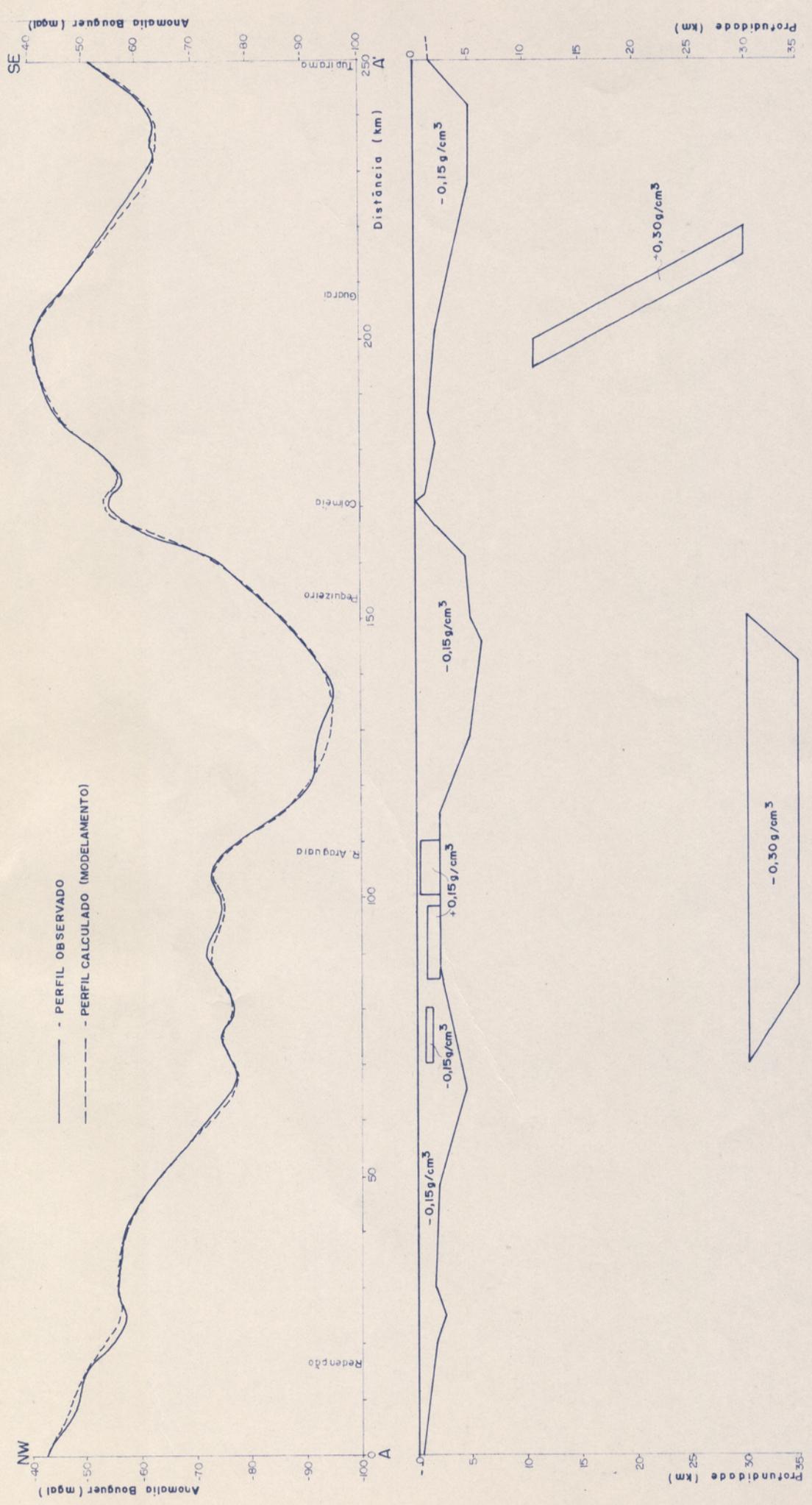
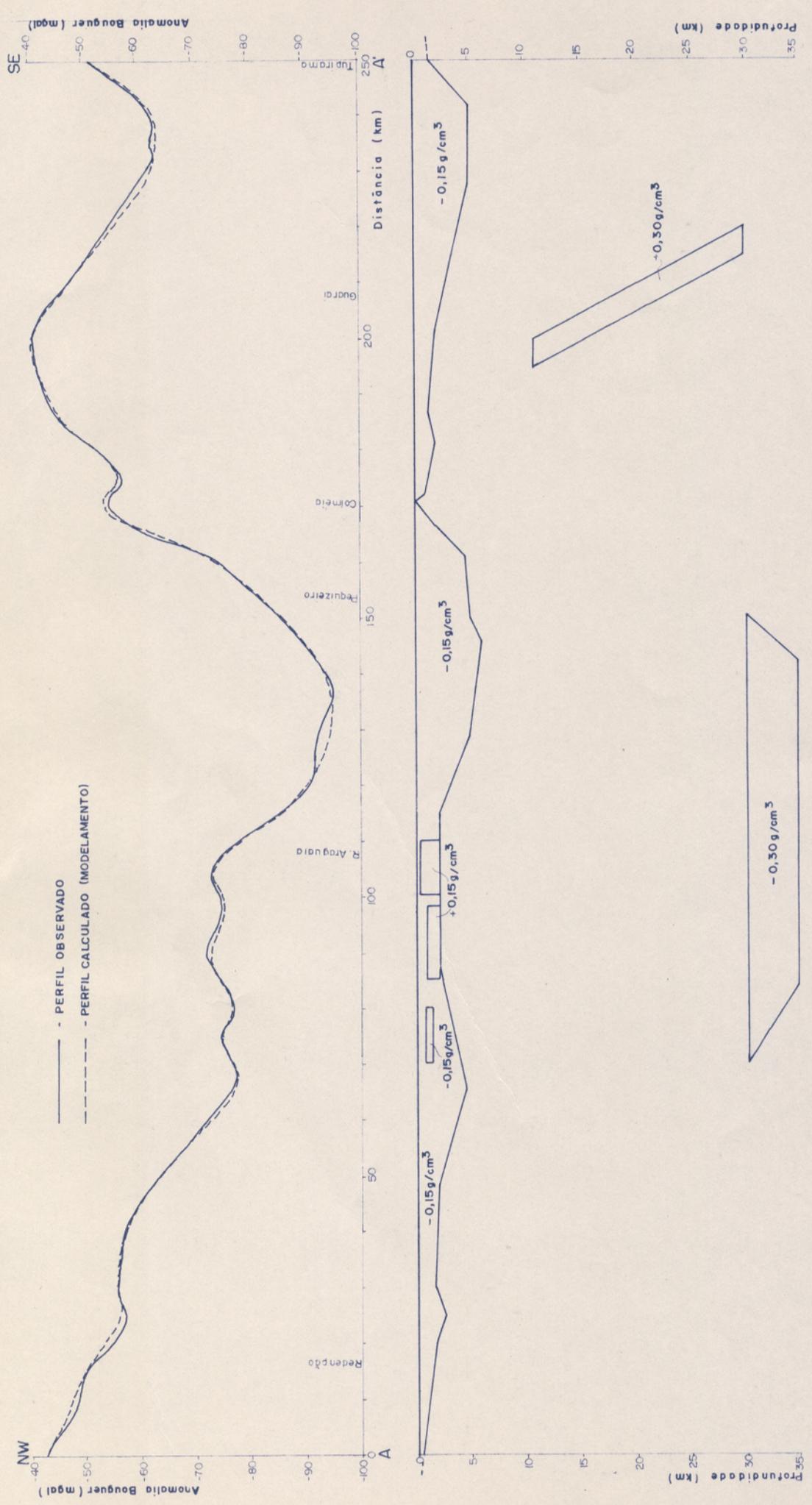
2.2.8.2.3. Modelo A-3

Corresponde parcialmente a uma conjugação dos dois modelos anteriores, acrescido de uma nova consideração, que se refere a injeção de uma massa densa na crosta, com o fim de justificar o alto gravimétrico ocorrente a leste do eixo de afloramento dos núcleos das braquidobras (Fig. 12).

Admite um espessamento crustal para justificar a grande anomalia negativa regional, de cerca de 50mgal, ao longo desse perfil, impondo uma deficiência de massa profunda, a cerca de 30km, com 5km de espessura e contraste de densidade com a porção superior do manto de $-0,30\text{g/cm}^3$. Considera as supracrustais como uma massa relativamente uniforme, em termos de densidade, apresentando um contraste de densidade como o embasamento da ordem de $-0,15\text{g/cm}^3$ (Fig. 13), considerado em escala crustal com densidade da ordem de $2,83\text{g/cm}^3$, conforme admitido por Woollard (1969).

A massa densa considerada nesse modelo apresenta um contraste de densidade com a massa crustal da ordem de $0,30\text{g/cm}^3$, e se constitui de um corpo com cerca de 5km de espessura e inclinação (mergulho) da ordem de 45°SE , ao longo do perfil. Comporta-se como uma fatia de massa granulítica, colocada a uma profundidade de 11km, e que se introduziu na crosta ao longo de um provável plano de cisalhamento (Costa, comunicação pessoal), que foi o responsável pelo soerguimento do embasamento nessa porção da faixa.

Não se descarta a possibilidade da existência de outros corpos densos introduzidos na crosta, deslizando sobre planos relativamente longitudinais à faixa, os quais viriam justificar, de certa forma, algumas anomalias residuais, ao longo desse perfil, com comprimentos de onda relativamente grandes, tal como



CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	-0,15	-0,15	0,30	0,15	0,15	0,15
POSICÃO (graus)°		90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
EXTENSÃO (km)	-Y	-200,00	-100,00	-100,00	-200,00	-20,00	-20,00	-20,00
	+Y	200,00	100,00	100,00	100,00	20,00	20,00	20,00
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	70,00	-5,00	170,00	195,00	70,00	85,00	100,00
	Z	30,00	0,00	0,00	11,00	0,80	1,00	0,40
2	X	150,00	170,00	280,00	200,00	80,00	98,00	110,50
	Z	30,00	0,00	0,00	11,00	0,80	1,00	0,40
3	X	142,00	165,00	250,00	220,00	70,00	98,00	110,50
	Z	35,00	2,00	1,50	30,00	1,50	2,00	2,00
4	X	84,00	160,00	242,00	215,00	70,00	85,00	100,00
	Z	35,00	4,60	5,00	30,00	1,50	2,00	2,00
5	X	-	149,00	227,00	-	-	-	-
	Z	-	5,00	5,00	-	-	-	-
6	X	-	145,00	200,00	-	-	-	-
	Z	-	6,00	2,00	-	-	-	-
7	X	-	128,00	185,00	-	-	-	-
	Z	-	5,00	1,20	-	-	-	-
8	X	-	114,00	180,00	-	-	-	-
	Z	-	2,00	1,80	-	-	-	-
9	X	-	87,00	171,00	-	-	-	-
	Z	-	2,00	2,00	-	-	-	-
10	X	-	65,00	-	-	-	-	-
	Z	-	4,40	-	-	-	-	-
11	X	-	48,00	-	-	-	-	-
	Z	-	2,00	-	-	-	-	-
12	X	-	31,00	-	-	-	-	-
	Z	-	1,50	-	-	-	-	-
13	X	-	25,00	-	-	-	-	-
	Z	-	2,50	-	-	-	-	-
14	X	-	20,00	-	-	-	-	-
	Z	-	1,50	-	-	-	-	-
15	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
16	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

Fig. 13 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamentos e contraste de densidade dos corpos. Perfil Redenção-Tupirama. Modelo A-3.

aquela ocorrente nas proximidades de Conceição do Araguaia. Neste perfil, no entanto, foram consideradas como produzidas por oscilações no nível do embasamento, onde os picos mais locais foram vistos como produzidos por pequenos corpos mais densos, introduzidos nas supracrustais (Fig. 12).

Tais oscilações no nível do embasamento podem ser devidas quer ao processo de subsidência, em função do acúmulo de material, quer a uma sistemática de enrugamento dos planos de cisalhamento (rampas) devido ao movimento relativo dessas porções. Como consequência desses processos surgem depressões no substrato, originando zonas de deficiência de massas e que coincidem com zonas de anomalias residuais negativas, conforme proposto por Costa (comunicação pessoal). Algumas anomalias residuais positivas, como aquelas ocorrentes sobre a zona de distribuição da Formação Couto Magalhães, podem ser justificadas pela presença de corpos máfico-ultramáficos inseridos dentro do pacote das supracrustais.

Na porção sudeste deste perfil, entre Guaraí e Tupirama, a anomalia negativa de cerca de 20mgal, foi considerada como devida a uma depressão no nível do embasamento, na forma de um "graben", com uma profundidade que alcança 5km. Evidentemente que essa profundidade pode ser substancialmente reduzida, a partir da consideração dos sedimentos da Bacia do Parnaíba, mas que a falta de informações mais acuradas a respeito de sua competência nos impediu de proceder uma estimativa mais objetiva de sua profundidade.

2.2.8.3. Perfil Marabá-Abel Figueiredo (B-B')

Situado na porção setentrional da área (ver Anexo 1), estende-se de SW para NE, por 135km. Inicia imediatamente a oeste de Marabá, passando a norte dessa cidade, cruza as rodovias BR-230 e PA-150, aproximadamente paralelo ao curso da rodovia PA-070 (trecho Marabá-Rondon do Pará), terminando 2km a norte da localidade denominada Abel Figueiredo.

Atravessa parte do Crátón Amazônico, cruzando transversalmente a faixa de dobramentos Araguaia, porções significativas de coberturas plataformais (Formação Gorotire e Grupo Tucuruí) e adentra nos domínios da Bacia do Parnaíba, a leste. Merece destacar também a falha de empurrão de Tucuruí, semi-perpendicu -

lar ao traçado deste perfil, em sua porção mais sudoeste.

Da mesma forma que o anterior (perfil Redenção-Tupirama), este apresenta a conformação geral de uma extensa deficiência de massa, mostrando duas características bem marcantes: a existência de uma anomalia residual positiva, no centro da forte anomalia negativa, e a extensa anomalia positiva na porção mais nordeste deste perfil (Fig. 14).

Também como no perfil A-A', foram desenvolvidos dois modelos, que correspondessem à anomalia Bouguer observada, considerando diferentes contrastes de densidade para distintas distribuições de massas.

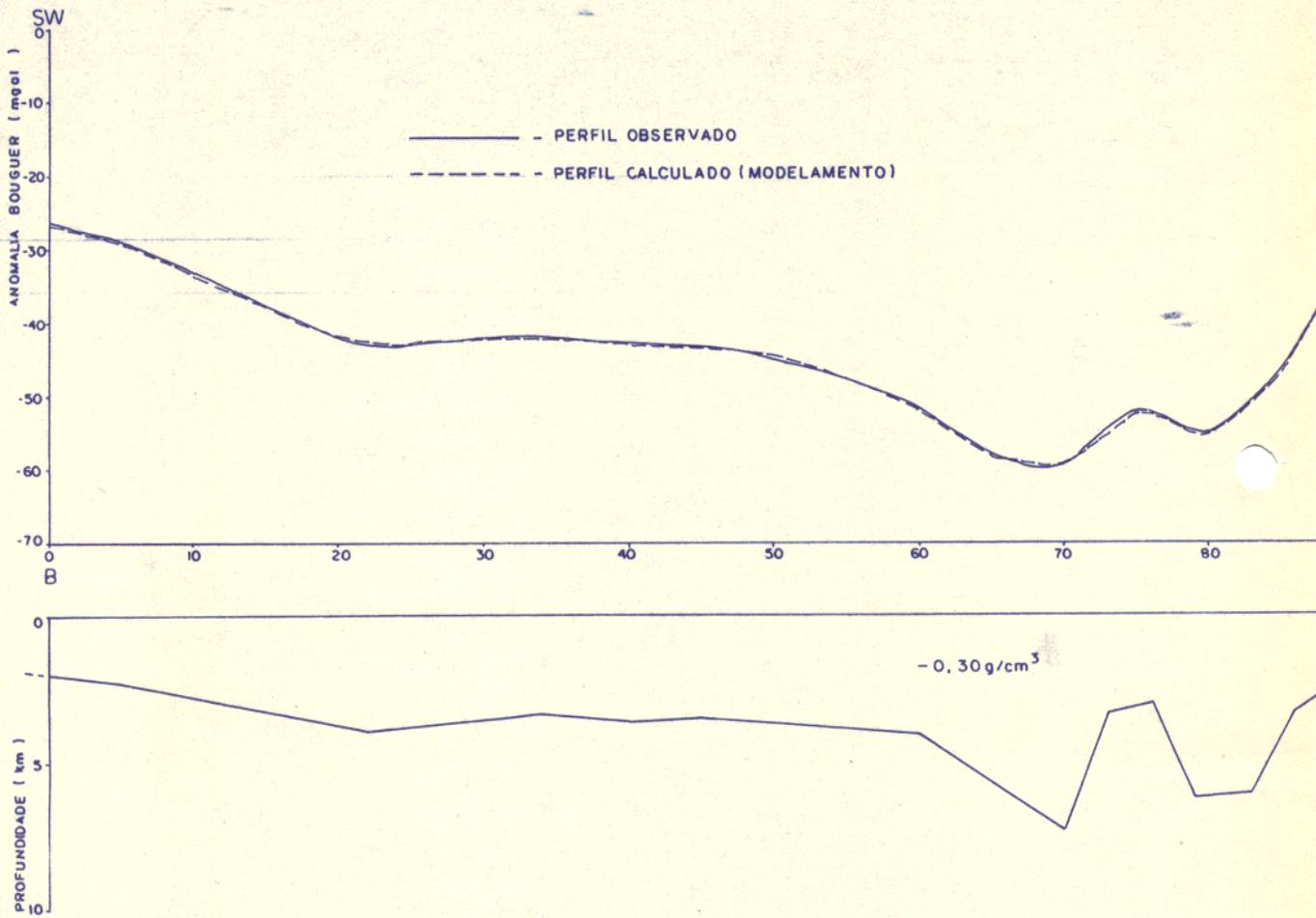
2.2.8.3.1. Modelo B-1

Este modelo considera as anomalias sendo produzidas por variações na profundidade do embasamento. Para tal, todo o pacote envolvendo as supracrustais foi considerado com contraste de densidade, em relação ao embasamento, da ordem de $-0,30\text{g/cm}^3$, o que forneceu uma profundidade máxima de 7,3km (Fig. 15), imediatamente sob a zona de intensa anomalia negativa. O pico de anomalia positiva residual, nessa zona, foi considerado nesse modelo como devido a uma elevação do embasamento, na forma de uma grande ondulação ou de uma porção soerguida do substrato, na forma de um "horst".

Da mesma forma que no Modelo A-1 (Fig. 8) a configuração geométrica escalonada do substrato empresta a conformação de blocos fatiados mergulhando para E.

2.2.8.3.2. Modelo B-2

Para este modelo considerou-se o embasamento contínuo sob toda a extensão do perfil, mostrando uma depressão da ordem de 7km de profundidade, abaixo da zona de intensidade negativa mais forte (Fig. 16). A ondulação positiva central foi explicada nesse modelo pela colocação de um corpo anômalo raso, mergulhando para E e com contraste de densidade de $+0,10\text{g/cm}^3$ (Fig. 17). Da mesma forma que no modelo anterior, todo o pacote sobreposto ao embasamento, exceto a massa anômala rasa, foi admitido com contraste de densidade de $-0,30\text{g/cm}^3$. Ademais, o comportamento geral do substrato é basicamente o mesmo para o Modelo



LEGENDA

-  - CONTORNO DO CORPO MODELADO
-  - 0,30 g/cm³ - CONTRASTE LATERAL DE DENSIDADE

ACURACIDADE DO MODELAMENTO: 0,43 mgal

"BACKGROUND" REGIONAL: 0 mgal

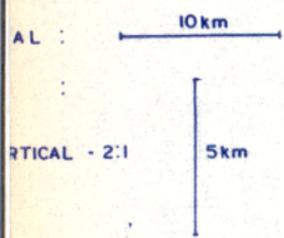
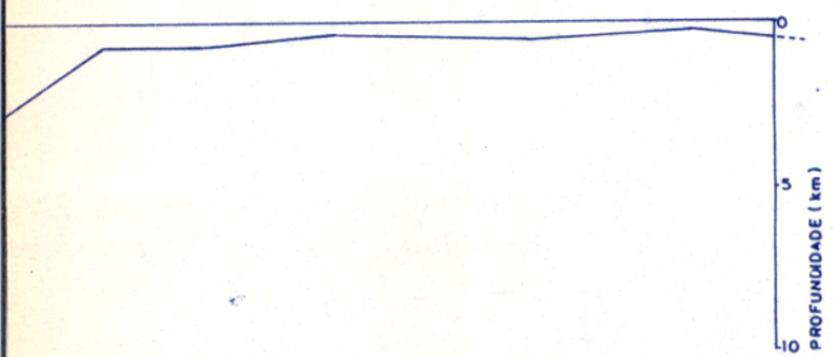
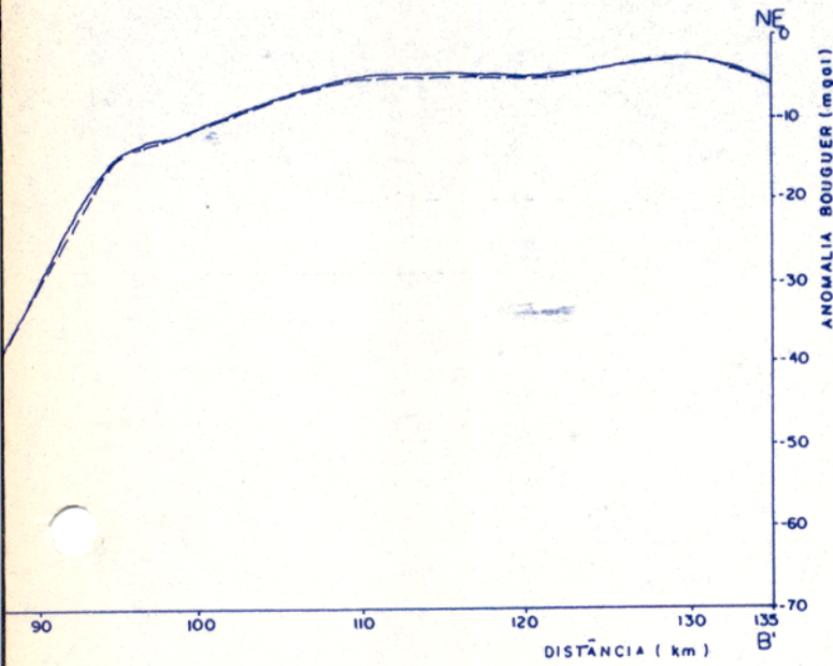
ESCALA:

. HORIZONTAL

. VERTICAL

EXAGERO VE

Fig. 14 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Marabá- Abel Figu

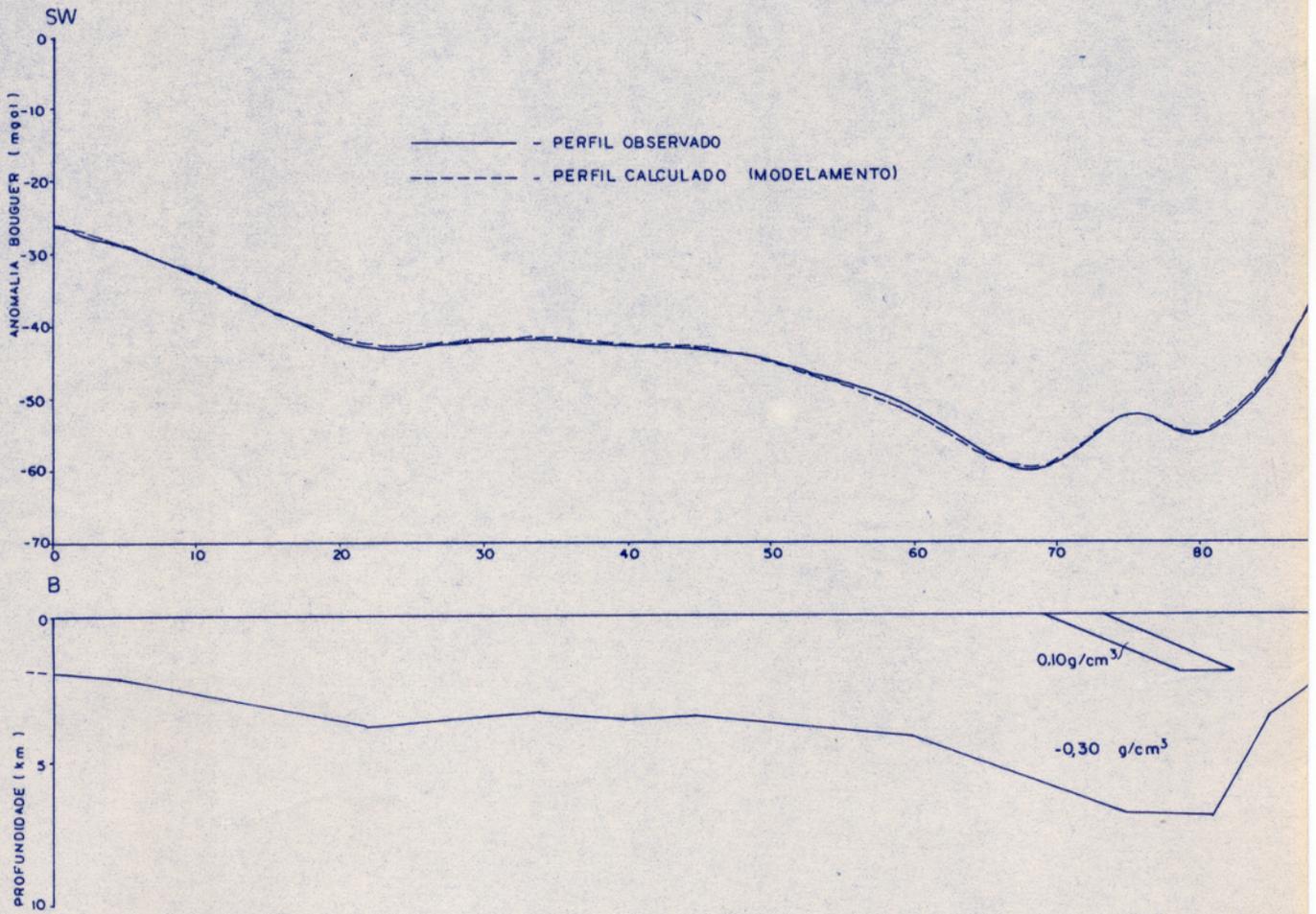


...eiredo. Modelo B-1.

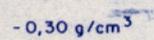
CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	-0,30	-	-	-	-	-
POSICÃO (graus)		90,00	90,00	-	-	-	-	-
EXTENSÃO (km)	-Y	100,00	100,00	-	-	-	-	-
	+Y	100,00	100,00	-	-	-	-	-
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	-75,00	95,00	-	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	-	-	-	-	-
2	X	95,00	230,00	-	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	-	-	-	-	-
3	X	94,00	160,00	-	-	-	-	-
	Z	0,70	1,70	-	-	-	-	-
4	X	86,00	130,00	-	-	-	-	-
	Z	3,30	0,15	-	-	-	-	-
5	X	83,00	120,00	-	-	-	-	-
	Z	6,00	0,40	-	-	-	-	-
6	X	79,00	108,00	-	-	-	-	-
	Z	6,15	0,30	-	-	-	-	-
7	X	76,00	100,00	-	-	-	-	-
	Z	2,90	0,70	-	-	-	-	-
8	X	73,00	94,00	-	-	-	-	-
	Z	3,30	0,70	-	-	-	-	-
9	X	70,00	-	-	-	-	-	-
	Z	7,30	-	-	-	-	-	-
10	X	66,00	-	-	-	-	-	-
	Z	5,90	-	-	-	-	-	-
11	X	60,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,90	-	-	-	-	-	-
12	X	45,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,40	-	-	-	-	-	-
13	X	40,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,60	-	-	-	-	-	-
14	X	34,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,30	-	-	-	-	-	-
15	X	22,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,80	-	-	-	-	-	-
16	X	5,00	-	-	-	-	-	-
	Z	2,20	-	-	-	-	-	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

Fig. 15 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamento e contraste de densidade dos corpos. Perfil Marabá- Abel Figueiredo. Modelo B-1.



LEGENDA

-  - CONTORNO DO CORPO MODELADO
 - CONTRASTE LATERAL DE DENSIDADE

ACURACIDADE DO MODELAMENTO: 0,47 mgal

"BACKGROUND" REGIONAL: 0 mgal

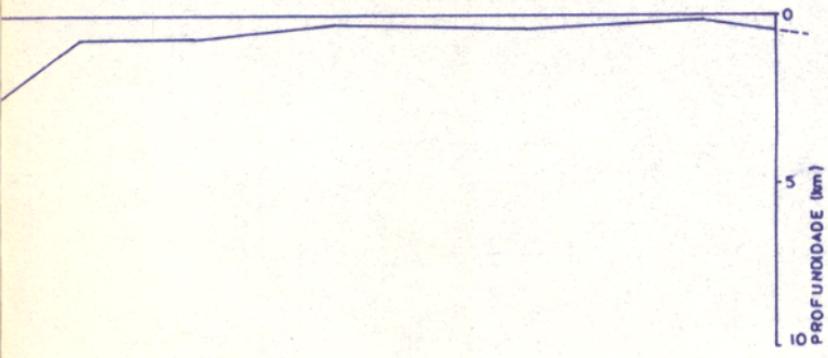
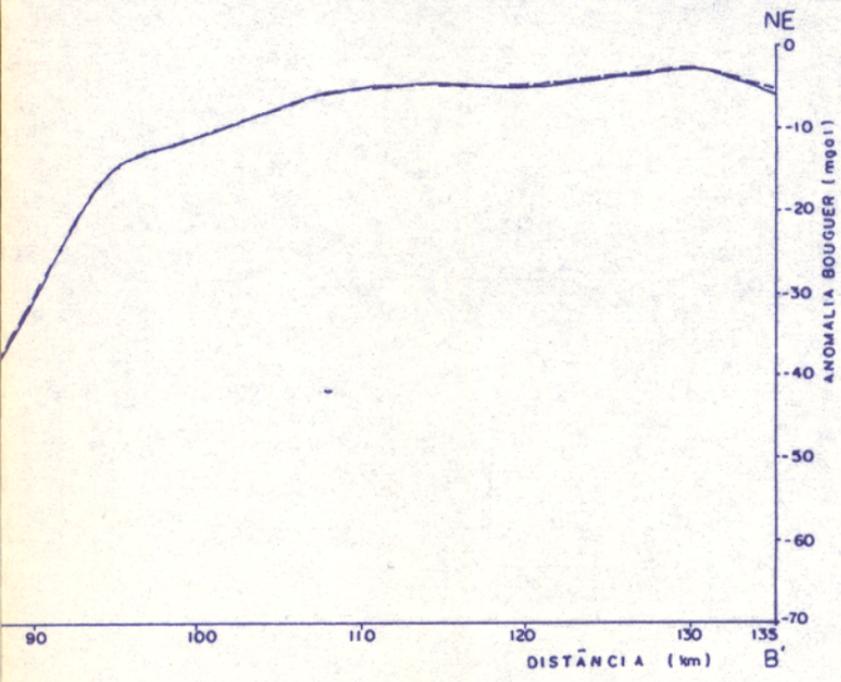
ESCALAS

· HORIZONTAL

· VERTICAL

EXAGERO VE

Fig. 16 - Modelamento Gravimétrico 2.1/2-D. Perfil Marabá-Abel Fig



AL : 10km

RTICAL -2:1
5km

ueiredo. Modelo B-2.

CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	-0,30	0,10	-	-	-	-
POSICÃO (graus)		90,00	90,00	90,00	-	-	-	-
EXTENSÃO (km)	-Y	-50,00	-50,00	-20,00	-	-	-	-
	+Y	100,00	100,00	20,00	-	-	-	-
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	-75,00	74,00	69,00	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
2	X	69,00	230,00	73,00	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3	X	78,50	160,00	82,50	-	-	-	-
	Z	2,00	1,70	2,00	-	-	-	-
4	X	82,50	130,00	78,50	-	-	-	-
	Z	2,00	0,15	2,00	-	-	-	-
5	X	85,00	120,00	-	-	-	-	-
	Z	3,50	0,40	-	-	-	-	-
6	X	81,00	108,00	-	-	-	-	-
	Z	7,00	0,30	-	-	-	-	-
7	X	75,00	100,00	-	-	-	-	-
	Z	6,80	0,70	-	-	-	-	-
8	X	69,00	93,50	-	-	-	-	-
	Z	5,80	0,70	-	-	-	-	-
9	X	60,00	85,00	-	-	-	-	-
	Z	4,20	3,50	-	-	-	-	-
10	X	45,00	82,50	-	-	-	-	-
	Z	3,40	2,00	-	-	-	-	-
11	X	40,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,60	-	-	-	-	-	-
12	X	34,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,30	-	-	-	-	-	-
13	X	22,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,80	-	-	-	-	-	-
14	X	5,00	-	-	-	-	-	-
	Z	2,20	-	-	-	-	-	-
15	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
16	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

Fig. 17 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamento e contraste de densidade dos corpos. Perfil Marabá-Abel Figueiredo. Modelo B-2.

CORPOS		1	2	3	4	5	6	7
$\Delta \rho$ (g/cm ³)		-0,30	-0,30	0,10	-	-	-	-
POSICÃO (graus)		90,00	90,00	90,00	-	-	-	-
EXTENSÃO (km)	-Y	-50,00	-50,00	-20,00	-	-	-	-
	+Y	100,00	100,00	20,00	-	-	-	-
VÉRTICES		C o o r d e n a d o s						
1	X	-75,00	74,00	69,00	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
2	X	69,00	230,00	73,00	-	-	-	-
	Z	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
3	X	78,50	160,00	82,50	-	-	-	-
	Z	2,00	1,70	2,00	-	-	-	-
4	X	82,50	130,00	78,50	-	-	-	-
	Z	2,00	0,15	2,00	-	-	-	-
5	X	85,00	120,00	-	-	-	-	-
	Z	3,50	0,40	-	-	-	-	-
6	X	81,00	108,00	-	-	-	-	-
	Z	7,00	0,30	-	-	-	-	-
7	X	75,00	100,00	-	-	-	-	-
	Z	6,80	0,70	-	-	-	-	-
8	X	69,00	93,50	-	-	-	-	-
	Z	5,80	0,70	-	-	-	-	-
9	X	60,00	85,00	-	-	-	-	-
	Z	4,20	3,50	-	-	-	-	-
10	X	45,00	82,50	-	-	-	-	-
	Z	3,40	2,00	-	-	-	-	-
11	X	40,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,60	-	-	-	-	-	-
12	X	34,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,30	-	-	-	-	-	-
13	X	22,00	-	-	-	-	-	-
	Z	3,80	-	-	-	-	-	-
14	X	5,00	-	-	-	-	-	-
	Z	2,20	-	-	-	-	-	-
15	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-
16	X	-	-	-	-	-	-	-
	Z	-	-	-	-	-	-	-

* Posição do corpo em relação ao perfil

Fig. 17 - Relação das coordenadas dos vértices, posicionamento e contraste de densidade dos corpos. Perfil Marabá-Abel Figueiredo. Modelo B-2.

B-1 (Fig. 14).

2.3. Magnetometria

2.3.1. Generalidades

O método magnético de prospecção consiste na determinação do contraste de susceptibilidade magnética entre os materiais subjacentes, por meio da deteção de distorções que venham a ser produzidas no campo magnético terrestre. Essas distorções es são diretamente relacionadas com concentração e distribuição de minerais magnéticos nos materiais rochosos, e sua intensidade é devida, parte a uma magnetização induzida, dependente da suscepti bilidade magnética da rocha e do campo indutor, e parte a uma mag netização remanescente, adquirida em épocas contemporâneas à for mação dos minerais constituintes das mesmas e da história geológi ca subsequente.

A unidade de medida de intensidade magnética é o gama (γ) que corresponde a 10^{-5} Oe (oersted), sendo que, no Sistema In ternacional a unidade admitida é o Tesla (T) que corresponde a 10^9 gamas. Na prática mais comumente se emprega o nanotesla (nT), que é equivalente ao gama.

Teoricamente o campo geomagnético pode ter causas tan to internas como externas, sendo estas muito pequenas, mas rece - bem também contribuições transientes de ambas as fontes. O campo de origem interna pode ser aproximado a um campo de dipolo, cuja intensidade na superfície atinge cerca de 60.000nT nos pólos e a - proximadamente 25.000nT no equador magnético.

Dentre os tipos de rochas, as ígneas apresentam nor - malmente a maior susceptibilidade média, tendendo a ser maior nos tipos básicos. As rochas sedimentares apresentam susceptibilidade fraca, enquanto que os processos metamórficos, a depender do grau e do ambiente onde se verificam, podem contribuir tanto no senti - do de aumentar como diminuir as características magnéticas das ro chas preexistentes (ver Fig. 18).

O campo geomagnético sofre variações normais, ao lon - go do tempo, as quais, a depender de sua periodicidade de ocorrên - cia podem ser classificadas como seculares, tormentas magnéticas e variações diurnas solares e lunares, sendo estas últimas as

mais importantes para efeito de levantamento magnético.

Tipo	Rocha	Susceptibilidade magnética (x10 ⁶ u.cgs)	
		V. Variação	Média
Sedimentar	Folhelho	5- 1.480	50
	Calcário	2- 280	25
	Arenito	0- 1.660	30
Ígneas	Granito	0- 4.000	200
	Riolito	20- 3.000	-
	Diabásio	80-13.000	4.500
	Basalto	20-14.500	6.000
	Diorito	50-10.000	7.000
	Peridotito	7.600-15.600	13.000
	Andesito	-	13.500
Metamórficas	Anfibolito	-	60
	Xisto	25- 240	120
	Gnaisse	10- 2.000	-
	Quartzito	-	350
	Serpentinito	250- 1.400	-

Adaptada de Telford et al. (1976).

Fig. 18 - Susceptibilidade Magnética de Algumas Rochas

Na prática, os contrastes nas propriedades magnéticas entre os materiais rochosos são normalmente pequenos, fazendo -se necessário o emprego do magnetômetro, que é um instrumento altamente sensível e de grande precisão nas medidas (cerca de $\pm 1nT$). É um instrumento que se presta a medir a variação espacial do campo resultante total ou de suas componentes horizontal e vertical.

Os levantamentos magnetométricos podem ser feitos de forma terrestre ou aérea.

O levantamento terrestre consiste na obtenção de medidas, sobre a superfície terrestre, das variações do campo geomag-

nético. O aerolevanteamento por sua vez implica na utilização de aeronaves e instrumentação apropriada, além de pessoal técnico especializado. Apresenta uma série de vantagens sobre o procedimento terrestre, entre as quais: tempo reduzido no levantamento de extensas áreas, muitas vezes inacessíveis ao ofício terrestre; possibilidade de se eliminar os efeitos magnéticos perturbadores devidos a irregularidades próximas à superfície e que dificultam a identificação de anomalias de baixo gradiente, originadas por estruturas geológicas profundas; redução dos efeitos de deriva instrumental e de variação diurna, devido a velocidade em que se processa o levantamento; eliminação de muitas das fontes causadoras de ruídos nas prospecções terrestres; e a regularidade dos dados permite um melhor emprego de tratamento por métodos analíticos.

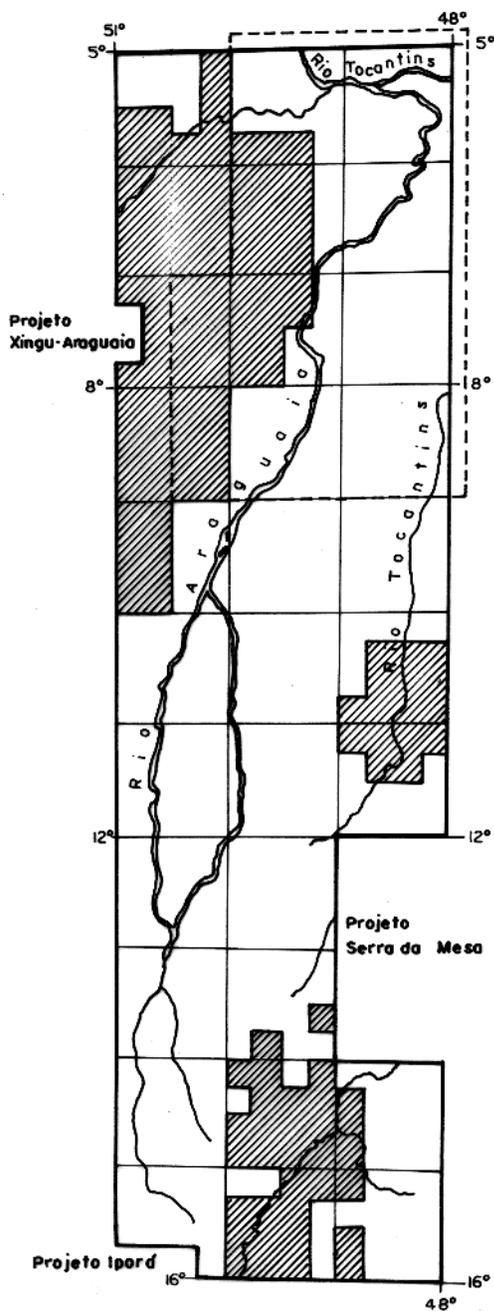
As principais desvantagens estão relacionadas com a precisão na localização das linhas de vôo nos mapas e pela dependência de uma estrutura de grande porte e competente, como é o caso de utilização de aeronaves e de toda a equipe de trabalho, fazendo com que os custos, embora reduzidos em função da produção, sejam elevados.

2.3.2. Levantamento Aerogeofísico Brasil-Canadá

O Projeto Geofísico Brasil-Canadá (Brasil-DNPM, 1979 b), surgido de um acordo internacional assinado em abril de 1974 entre os governos brasileiro, representado pelo Ministério das Minas e Energia, e o canadense, através da Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional (Canadian International Development Agency), objetivou o levantamento de recursos minerais da Região Centro-Oeste do Brasil, perfazendo uma superfície de cerca de 375.000km^2 e limitada pelos meridianos 48°W e 51°W e pelos paralelos 5°S e 16°S (Fig. 19).

A execução ficou a cargo do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), com apoio administrativo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e com supervisão técnica e consultoria do Serviço Geológico do Canadá.

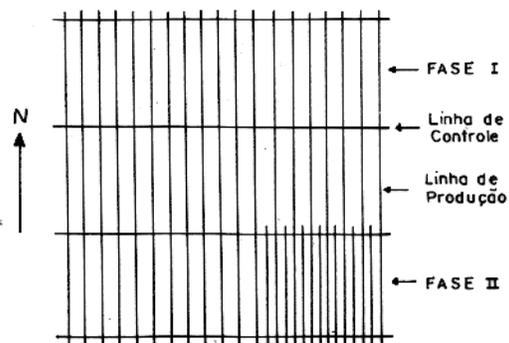
Para a execução dos aerolevanteamentos magnetométrico e radiométrico foi contratada a Northway Survey Corporation Limited, com sede em Toronto (Canadá).



LEGENDA

-  - RECONHECIMENTO
-  - RECONHECIMENTO E SEMI-DETALHE
-  - CONTORNO DA ÁREA DO TRABALHO

Especificação dos vãos



1. Direção das Linhas:
Produção : N-S
Controle : W-E
2. Espaçamento das Linhas:
Produção : 2 km (FASE I)
 : 1 km (FASE II)
Controle : 14 km
3. Altura média : 150m

FONTE: CARMO (1978)

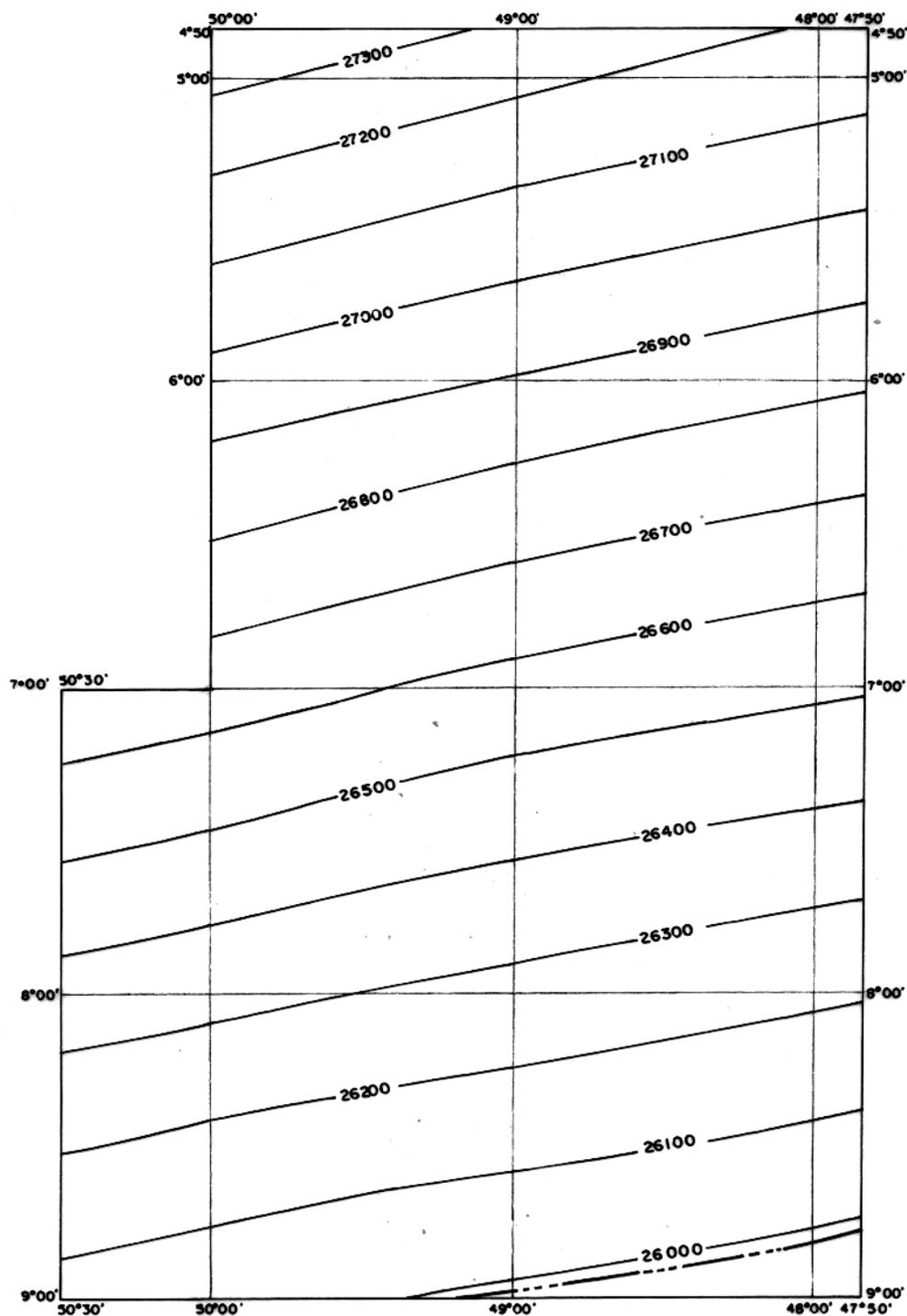
Fig. 19 - Área do Levantamento Aero-Geofísico Brasil-Canadá.

- . Processamento em malha para contorno automático de 2,5mm na escala do mapa.

2.3.3. Análise Qualitativa dos Mapas de Intensidade Magnética do Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC).

Em princípio, a descrição pormenorizada e objetiva dos mapas de intensidade magnética total do Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), disponíveis para a área de estudos (Fig.5) no sentido da interpretação estrutural da faixa de dobramentos A raguaia e suas relações com os domínios geotectônicos adjacentes apresenta as seguintes limitações: (1) o fato de não terem sido subtraídos desses mapas o gradiente normal do campo geomagnético, normalmente procedido através de um modelo do IGRF (International Geomagnetic Reference Field) ou DGRF (Definitive Geomagnetic Reference Field), fazendo com que os mesmos encontrem-se preenchidos por linhas de contornos falsas, do ponto de vista de correspondência com feições litológicas e/ou estruturais; (2) por estar permeado de anomalias devidas a fontes rasas, principalmente na porção meridional da faixa de dobramentos, o que dificulta a identificação e análise de feições profundas, relacionadas à estruturação regional; (3) por uma deficiência inerente ao programa de contorno, o qual mostra uma tendência evidente em traçar linhas isoanômalas no sentido E-W, isolando anomalias ao longo das linhas de vôo que cruzam feições de direção diferente desta, e (4) o fato de tratar-se de um levantamento efetuado em região próxima ao equador magnético, o qual cruza a porção inferior da área, com inclinação magnética inferior a 10^0 (Fig. 20), o que dificulta a análise de anomalias devidas a estruturas de direção N-S, principalmente aquelas de extensão lateral inferior ao espaçamento entre as linhas de vôo, neste caso de 2km.

Evidentemente que estas dificuldades não impedem a análise e nem comprometem totalmente a interpretação desses mapas, uma vez que suas influências no comportamento das feições produzidas pela estruturação geral da área, em escala regional, assim como aquelas relacionadas à influência de corpos magnetícos de ocorrências esporádicas e próximos à superfície, para a dimensão deste trabalho, chega a ser de certa forma irrelevante. No entanto, para uma análise mais profunda e objetiva, a nível



LEGENDA

- 26000 — — LINHAS DE CONTORNO DO CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE (nT)
 - - - - - EQUADOR MAGNÉTICO TERRESTRE

ESCALA



Fig. 20 - Variação normal de intensidade do campo Geomagnético com a latitude, para os limites da área (segundo o Modelo IGRF para 1976 - Malin e Barraclough, 1981).

de detalhamento, torna-se necessário um tratamento dessas informações, com a finalidade de retirar o gradiente normal, e filtrá-las (baseando-se no comprimento de onda das anomalias) para separar anomalias devidas a fontes rasas daquelas profundas.

2.3.3.1. Procedimentos

Considerando principalmente a precedência de trabalhos de interpretação desses mapas nessa região, tais como aqueles desenvolvidos por Silva e Sá (1982) e Almeida et al. (1986), apenas nos deteremos em mostrar suas características mais importantes, do ponto de vista dos objetivos propostos, muitas das quais já discutidas por aqueles autores. Também, devido ao fato de se dispor, com relativa abundância, desses mapas do PGBC, por questões lógicas apresentaremos apenas algumas figuras dessas feições mais interessantes.

Para efeito de modelamento procuraremos, da mesma forma, analisar algumas anomalias relacionadas a fontes profundas, na tentativa de estimar suas profundidades e auxiliar assim a análise das feições gravimétricas.

2.3.3.2. Interpretação

De um modo geral, conforme ressaltado em trabalhos anteriores levados a efeito na região (Silva e Sá, 1982; Almeida et al., 1986), o padrão regional apresentado por esse levantamento mostra domínios magnéticos bem individualizados, caracterizados por marcantes diferenciações nas feições globais, tais como textura e conformação dos padrões das curvas, amplitude de frequência e disposição das anomalias, além do nível geral de intensidade.

Com base nesses parâmetros, facilmente se identificam três grandes domínios, distribuídos longitudinalmente ao longo da faixa de dobramentos Araguaia, e adjacências, na forma de faixas expostas de oeste para leste.

A faixa ocidental da área estudada, correspondente ao domínio cratônico, apresenta relevo magnético bastante movimentado, caracterizado por uma grande incidência de anomalias locais, alongadas predominantemente segundo a direção E-W (Fig. 21), de intensidades elevadas, variando de 200 a 400nT, e com

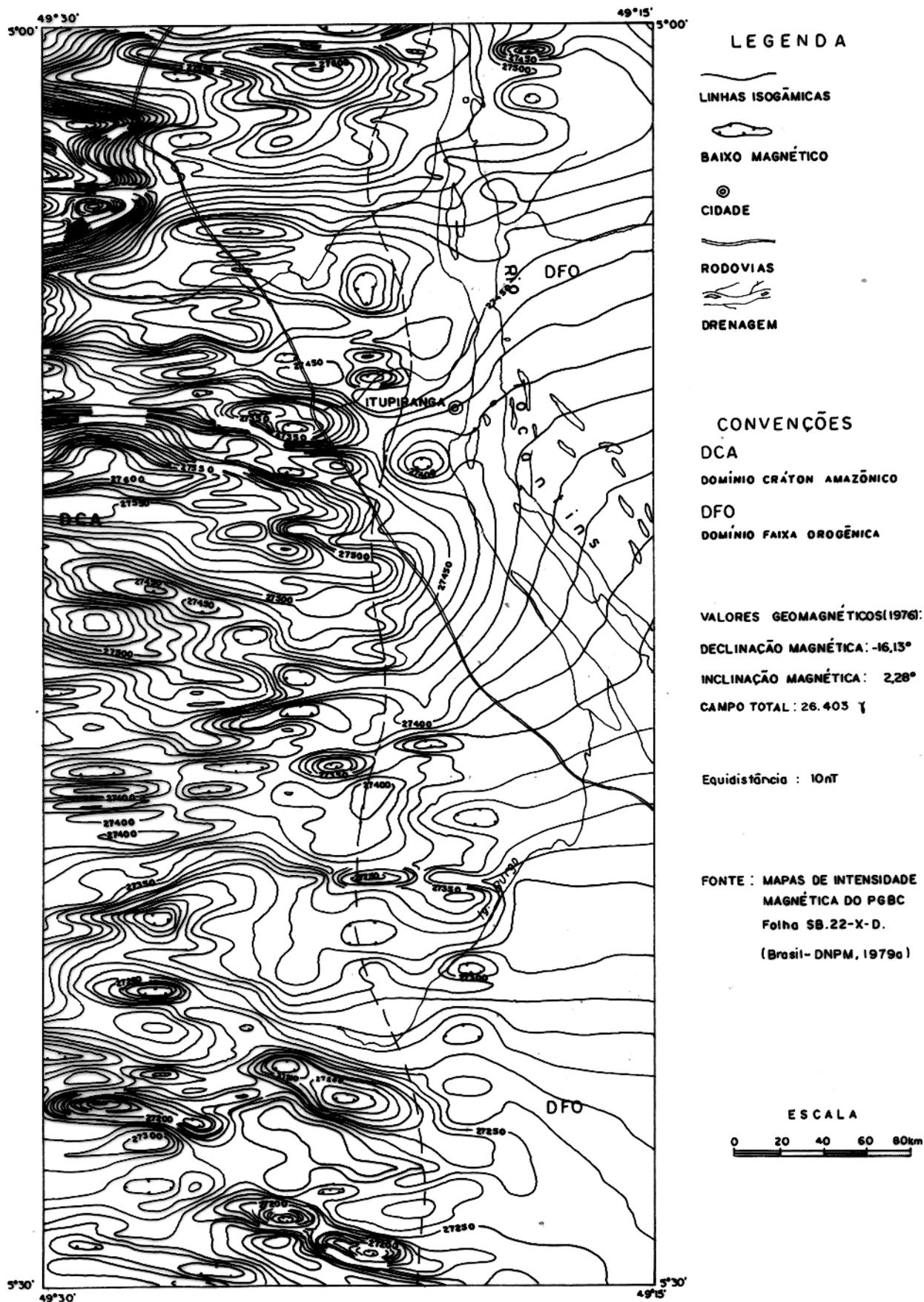


Fig. 21 - Variações nos padrões magnéticos, caracterizando os limites entre os domínios ocidental (Cráton Amazônico) e central (Faixa de Dobramentos Araguaia).

primentos de onda relativamente curtos (1 a 2km), implicando em gradientes magnéticos em torno de 30nT/km. O padrão de linearidade dessas feições é, aparentemente, perfeitamente compatível com a estruturação do Cráton Amazônico.

O domínio magnético central (Fig. 22) apresenta um padrão fortemente contrastante com o domínio anterior. É o domínio de maior expressividade na área, caracterizado por apresentar um relevo pouco ativo, devido à ocorrência dos metassedimentos do Supergrupo Baixo Araguaia, notadamente em sua porção mais setentrional, tornando-se mais perturbado para sul, devido a ocorrência de anomalias isoladas, de direção geral submeridiana. A sua porção mais ocidental, frangeira com o domínio anterior, apresenta um relevo relativamente mais ativo, mostrando anomalias magnéticas de direção aproximadamente N-S, deslocadas na direção E-W em sua porção mediana. Sua porção central constitui a zona de relevo mais suave desse domínio, mostrando porções anômalas locais de pequena intensidade, salientadas por deturpações no padrão regional das curvas isoanômalas, e de quantidades reduzidas. A porção mais oriental desse domínio, por sua vez, se caracteriza por mostrar feições dispostas na forma de auréolas, distribuídas com direção preferencialmente submeridiana. Tais feições envolvem normalmente núcleos de relevo suave, perturbados por diminutas anomalias locais e de dimensões variadas. As feições mais típicas desse padrão são aquelas compreendendo as regiões de Lontra, Pé do Morro e Colméia (figuras 23, 24 e 25, respectivamente). Também mostra anomalias locais de intensidade moderadamente elevada, com cerca de 200nT, em sua porção mediana, assim como anomalias alongadas em seu setor setentrional.

Na porção mais oriental da área, distingue-se um terceiro domínio magnético (Fig. 26), mostrando um relevo notadamente pouco ativo, todavia com fortes anomalias de grandes comprimentos de onda, refletindo fontes profundas e locais. A sua porção mais expressiva está representada por uma fatia alongada na direção N-S, setor ocidental, constituindo-se no padrão mais suave desse domínio. Destaca-se neste uma zona de grande atividade, envolvendo a região de Araguaia, com anomalias de pequenos comprimentos de onda, aparentemente estendendo-se para dentro dos limites da Bacia do Parnaíba, a qual estão associa-

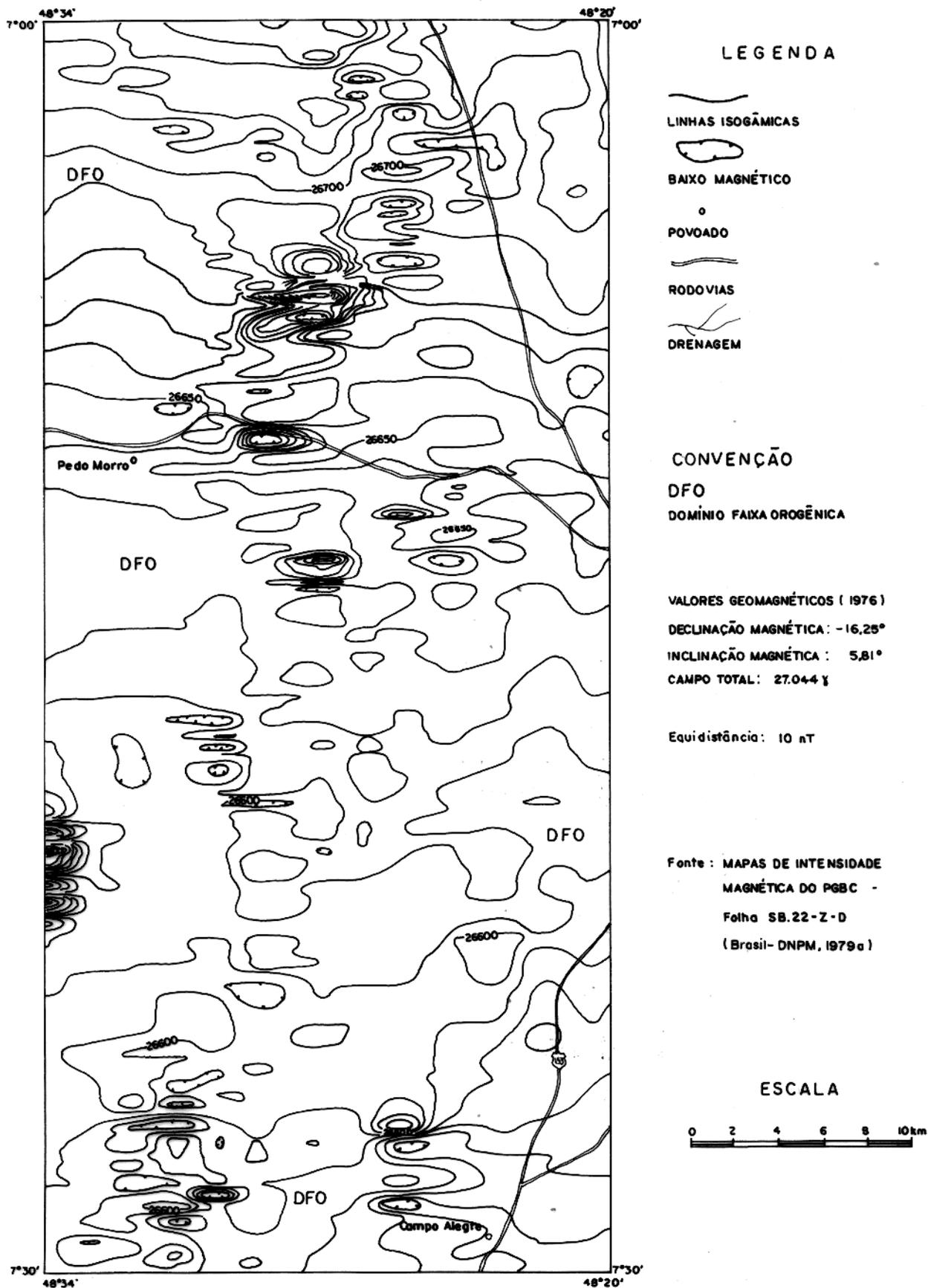
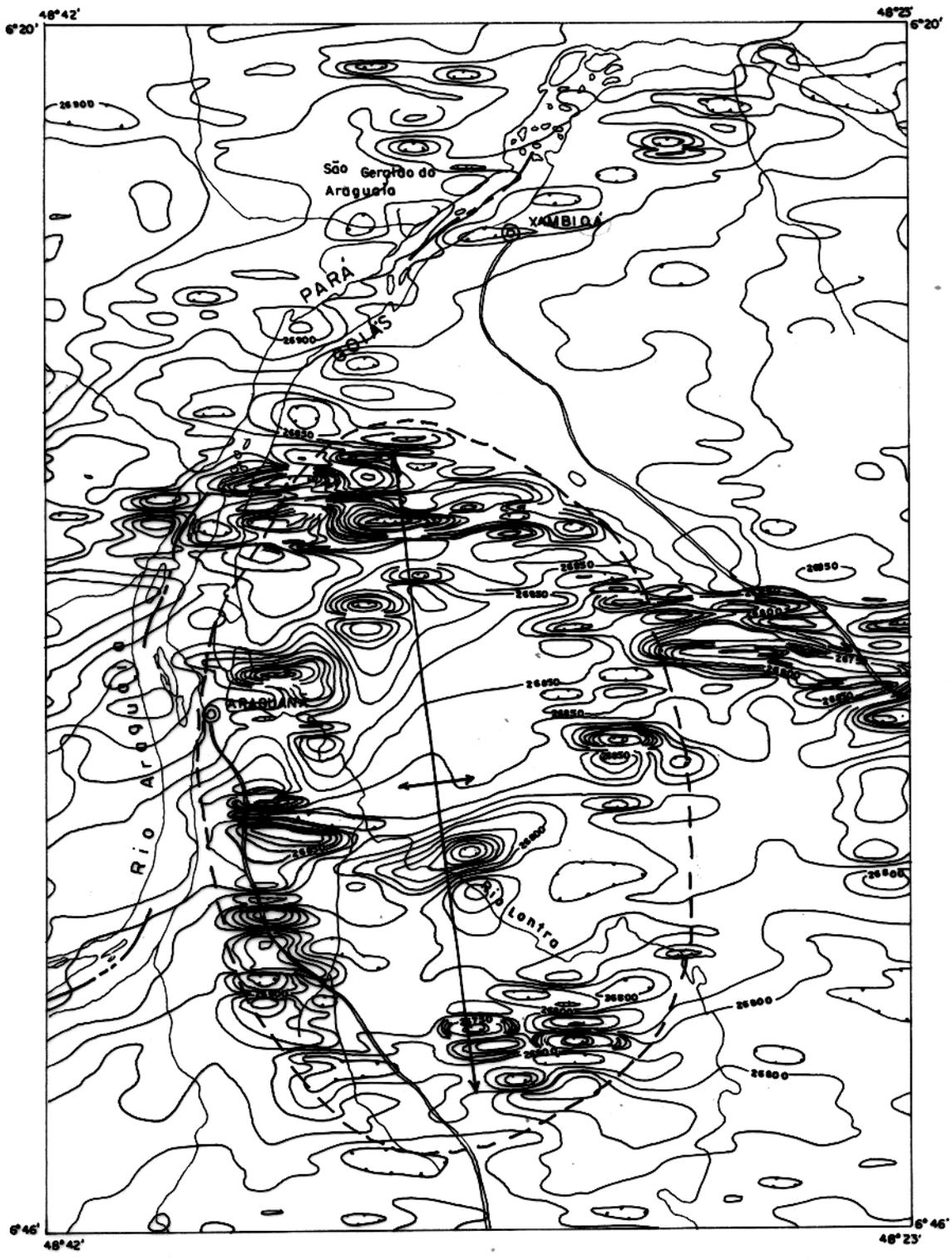


Fig. 22 - Domínio Magnético Central da Faixa de Dobramentos Araguaia.



- LEGENDA**
- LINHA ISOGÂMICA
 - BAIXO MAGNÉTICO
 - CIDADE
 - RODOVIAS
 - BRAQUIANTICLINAL
 - LIMITE INTERESTADUAL
 - DRENAGEM

VALORES GEOMAGNÉTICOS (1976)
 Declinação Magnética : -16,19°; Campo total: 26.715 γ
 Inclinação Magnética : 4,05°
 Equidistância: 10nT

Fonte: MAPAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC
 Folha SB.22-Z-B (Brasil-DNPM, 1979a)

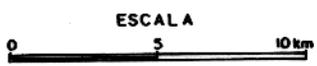
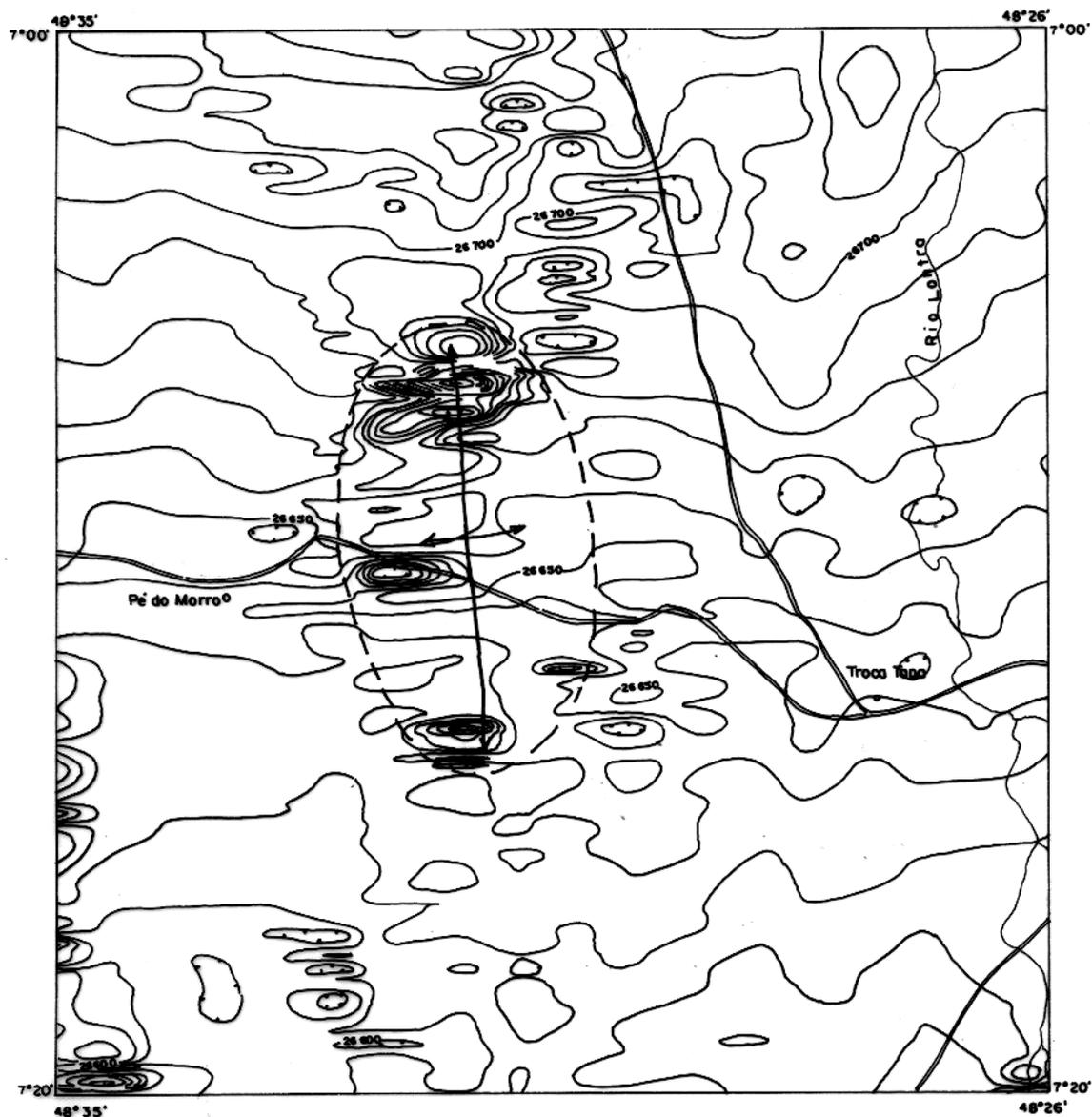


Fig. 23 - Feição na forma de auréola, envolvendo a Braquianticli-
 nal de Lontra.



LEGENDA

-  - LINHAS ISOGÂMICAS
-  - BAIXO MAGNÉTICO
-  - POVOADO
-  - RODOVIAS
-  - DRENAGEM
-  - BRAQUIANTICLINAL

VALORES GEOMAGNÉTICOS (1976):

- Declinação Magnética : $-16,25^\circ$
- Campo total: 27.044 T
- Inclinação Magnética : $5,81^\circ$

Equidistância: 10 nT

Fonte: MAPAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC
Folho SB.22-Z-D (Brasil-DNPM,1979a)

ESCALA

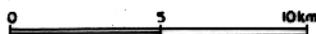
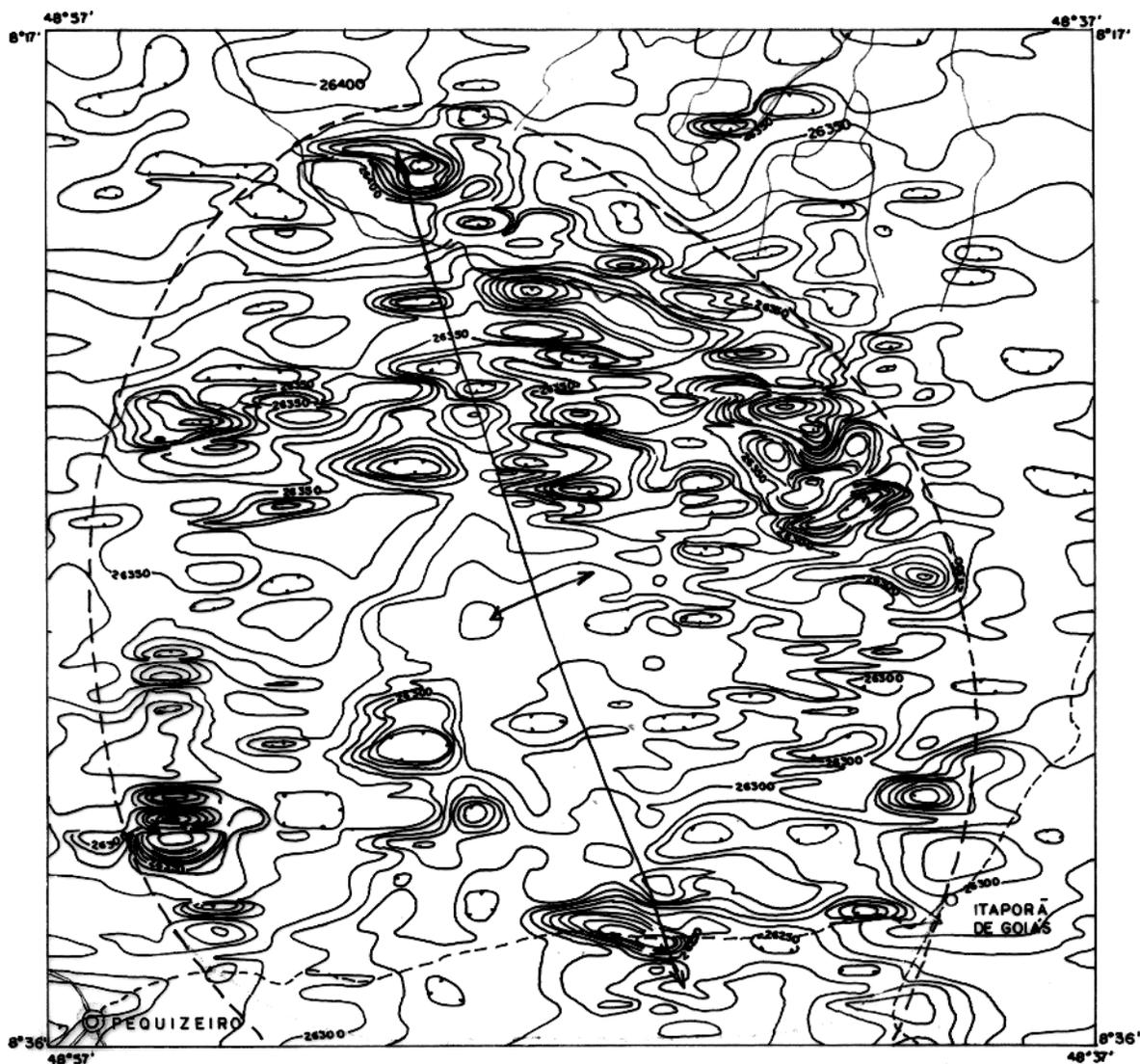


Fig. 24 - Feição na forma de auréola envolvendo a Braquianticlinal de Pé do Morro.



LEGENDA

-  - LINHA ISOGÂMICA
-  - BAIXO MAGNÉTICO
-  - CIDADE
-  - RODOVIAS
-  - ESTRADAS SECUNDÁRIAS
-  - DRENAGEM
-  - BRAQUIANTICLINAL

VALORES GEOMAGNÉTICOS (1976):

Declinação Magnética : $-16,07^\circ$; Campo total: 26106Y

Inclinação Magnética : $0,51^\circ$

Equidistância : 10 nT

Fonte : MAPA DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC
Folha SC.22-X-B (Brasil-DNPM, 1979a)

ESCALA

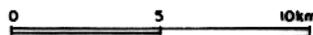
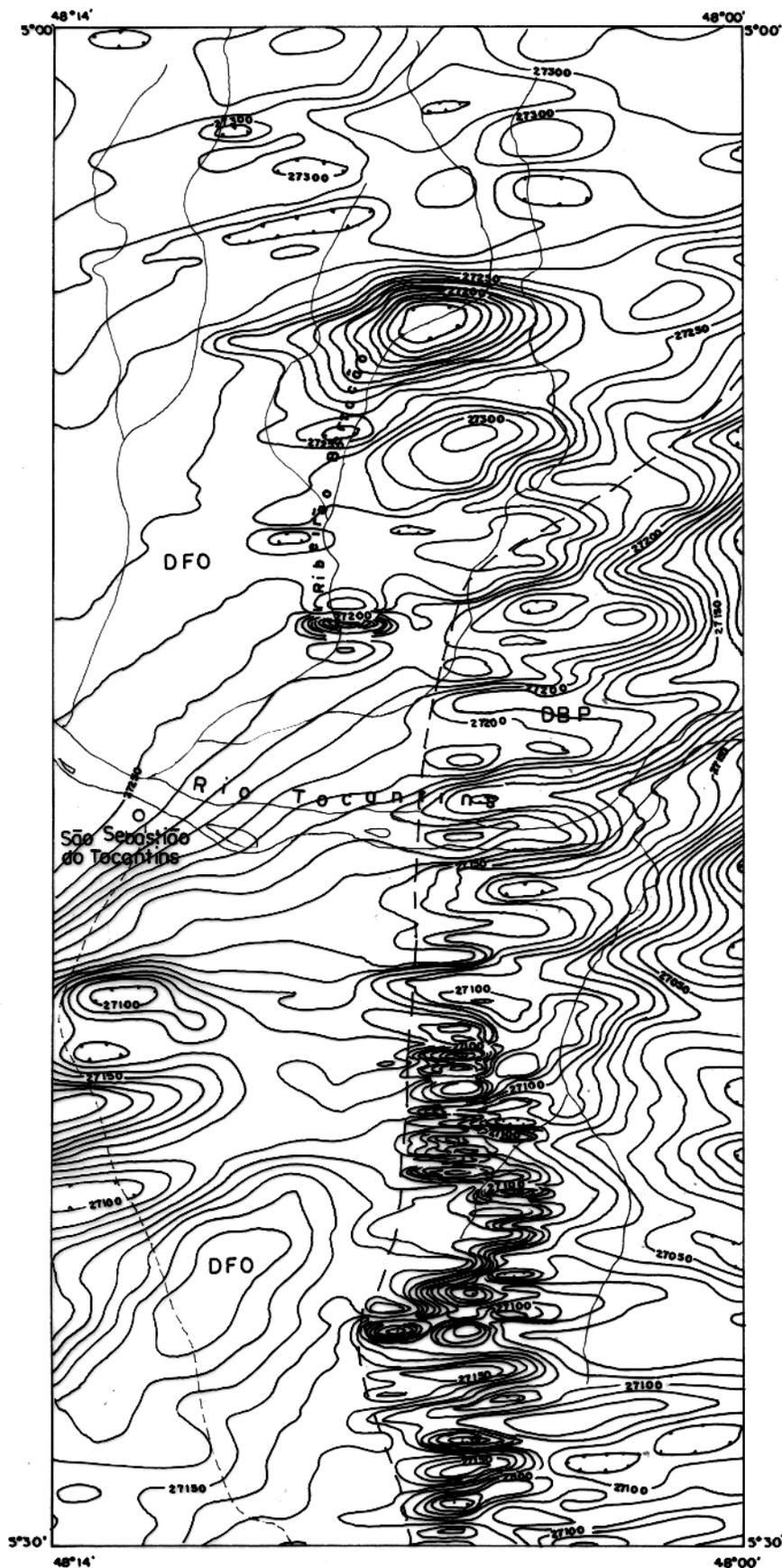


Fig. 25 - Feição anômala na forma de auréola compreendendo a Braquianticlinal de Colméia.



LEGENDA

- LINHA ISOGÂMICA
- BAIXO MAGNÉTICO
- LOCALIDADE
- DRENAGEM
- RODOVIAS

CONVENÇÕES

- DFO
DOMÍNIO FAIXA OROGÊNICA
- DBP
DOMÍNIO BACIA DO PARNAÍBA

VALORES GEOMAGNÉTICOS (1976):

- .Declinação Magnética : $-16,13^\circ$
- .Inclinação Magnética : $2,28^\circ$
- .Campo total: 26.405 γ

Equidistância : 10 nT

Fonte : MAPAS DE INTENSIDADE
MAGNÉTICA DO PGBC
Folha SB.22-X-D
(Brasil-DNPM, 1979a)

ESCALA



Fig. 26 - Domínio Magnético Oriental da Área.

das outras anomalias menores, mas de intensidades análogas, distribuídas nas proximidades daquela. Na porção mais setentrional dessa zona aparece uma faixa alongada, de direção aproximadamente N-S, paralela àquela do setor central desse domínio. Em sua porção inferior aparecem algumas feições destacáveis, tais como aquelas na forma de auréolas, distribuídas entre as localidades de Guarai e Tupiratins, aparentemente continuando para sul, assim como uma faixa bastante anômala, de direção aproximadamente E-W estendendo-se desde a confluência da rodovia BR-153 com aquela que leva a Tupiratins (GO-376), aproximadamente coincidente com o traçado desta. Trata-se de uma anomalia de intensidade moderada, de cerca de 150nT, de pequenos comprimentos de onda, distribuídas numa faixa alongada e estreita. Podem estar relacionadas com alguma estrutura ou afloramentos de rochas mais magnéticas coincidentes com o traçado desta rodovia.

2.3.4. Interpretação Semi-quantitativa. Modelamento 2-D.

2.3.4.1. Procedimentos

Para efeito de modelamento de algumas feições magnetométricas anômalas do mapa de intensidade magnética total do PGBC, procurou-se, na medida do possível, analisar aquelas que apresentassem, "a priori", alguma correspondência com zonas gravimétricas anômalas, dentro dos limites da faixa de dobramentos e relacionadas a fontes profundas, ou seja, anomalias de grandes comprimentos de onda. Evidentemente que o estabelecimento dessa correspondência está condicionada à presença de minerais magnéticos nessas fontes. Dessa forma buscou-se, por meio da observação dos mapas de intensidade magnética, outras feições que pudessem ser submetidas a processos de modelamento. Foram então selecionadas três feições anômalas (figuras 27, 29 e 31), consideradas mais representativas para as condições deste trabalho e pelas limitações impostas pelas deficiências dos mapas.

Utilizou-se para tal de um programa elaborado em linguagem BASIC, segundo a metodologia proposta por Talwani (1965), disponível para ser utilizado na HP-9845B (UFPA). O ajuste do modelo é feito por meio de iterações manuais dos parâmetros de cada corpo, até que se obtenha uma aproximação coerente

te com a curva obtida através do levantamento (mapas do PGBC).

Os contrastes de susceptibilidade magnética considerados, para cada corpo em particular, foram obtidos por valores disponíveis em tabelas (Fig. 18) e em conformidade com o quadro litológico da região.

2.3.4.2. Modelo C-1

Localizado na porção meridional da área (Fig. 27), desenvolve-se com direção N17^oW, imediatamente a oeste de Colinas de Goiás (GO) e aproximadamente coincidente com o eixo de ocorrência das braquidobras que assomam na região. Apresenta a conformação geral de uma anomalia devida a fonte relativamente profunda, com amplitude de cerca de 500nT e comprimento de onda de mais de 13km.

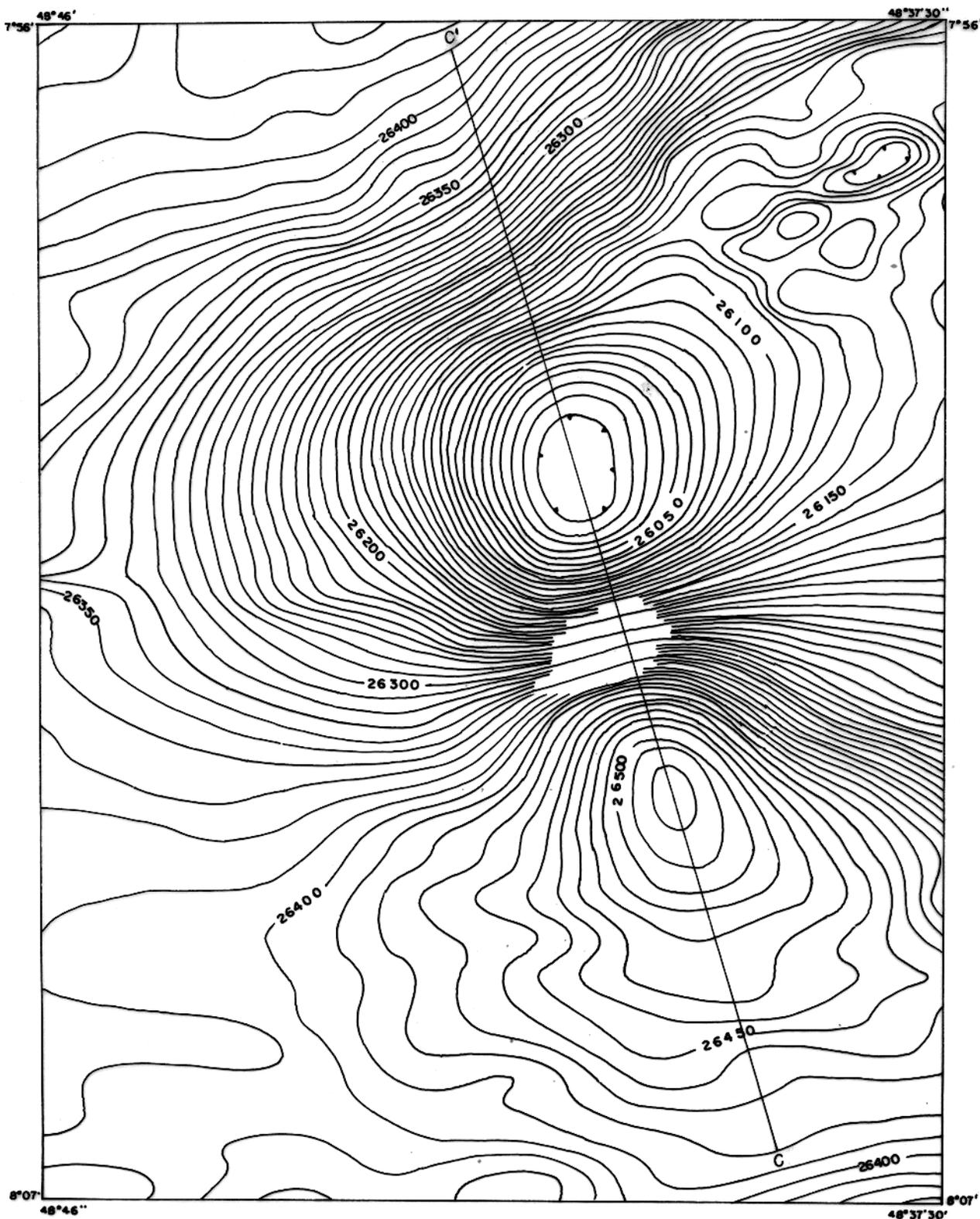
Mesmo a despeito das limitações do mapa, principalmente no que se refere ao gradiente regional, obteve-se uma razoável aproximação, considerando o modelo constituído por um corpo com seção na forma de um paralelogramo, com contraste de susceptibilidade de 0,01u.cgs, profundidade do topo de 2.380m, mergulho de 60^oSE (ao longo do traçado do perfil), largura de 5.000m e extensão em profundidade de 5.800m (Fig. 28). A grande discrepância (cerca de 90nT) na porção mais SE do perfil é devido provavelmente a influência de corpos magnéticos dispostos nessa porção.

Uma característica importante nesse modelo é o posicionamento do corpo, com mergulho para sudeste, aparentemente concordante com a estruturação regional conhecida e com o padrão das feições gravimétricas detetadas.

2.3.4.3. Modelo C-2

Localizado a noroeste de Vanderlândia (Fig. 29), compreende uma pequena sequência da porção mais oriental da área, coincidente com o eixo de relativo mínimo gravimétrico desse setor. Tem extensão de 17km e corresponde à sequência para norte da ocorrência dos derrames basálticos da Formação Mosquito, ou corpo de natureza mineralógica similar.

Em virtude da grande influência de fontes magnéticas localizadas fora do âmbito desse perfil, notadamente na porção su



LEGENDA

- LINHAS ISOGÂMICAS
- BAIXO MAGNÉTICO
- PERFIL MAGNÉTICO

Campo total: 26.387 γ

Declinação Magnética: -15,47° (1976)

Inclinação Magnética: 2,22° (1976)

Equidistância: 10 nT

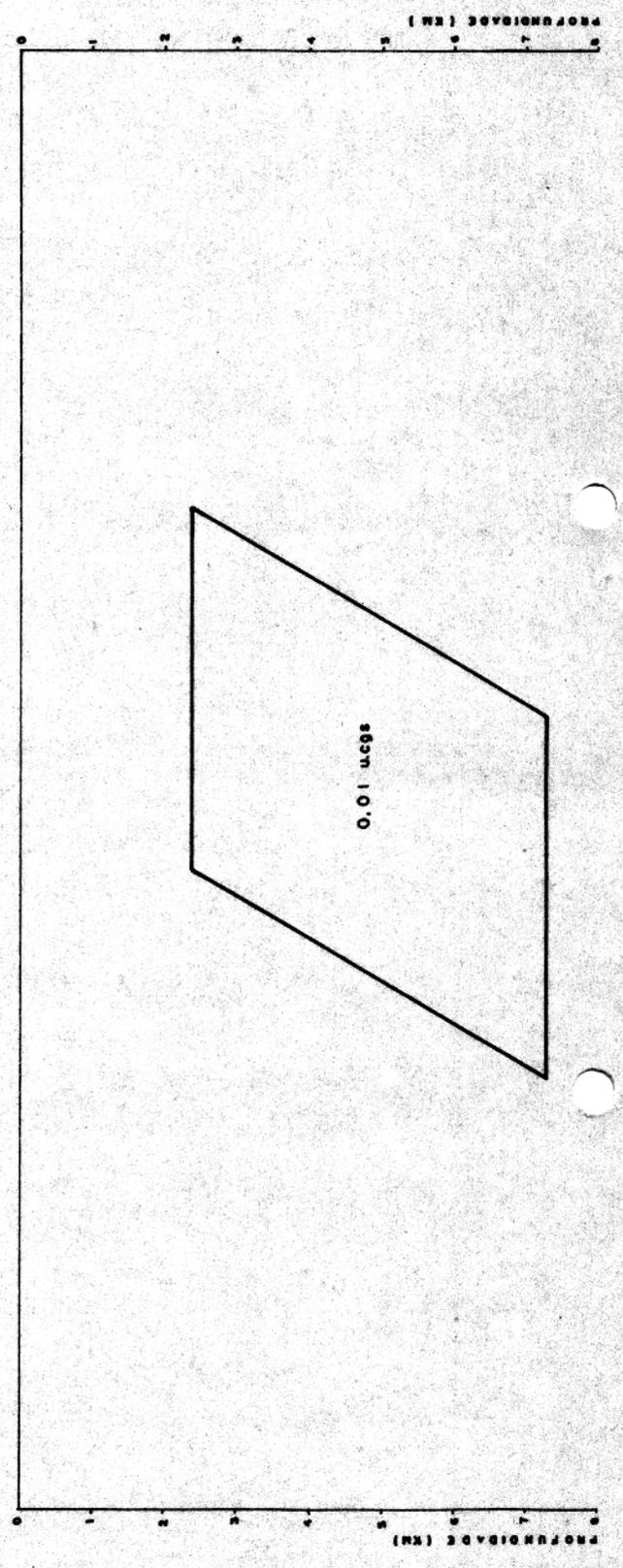
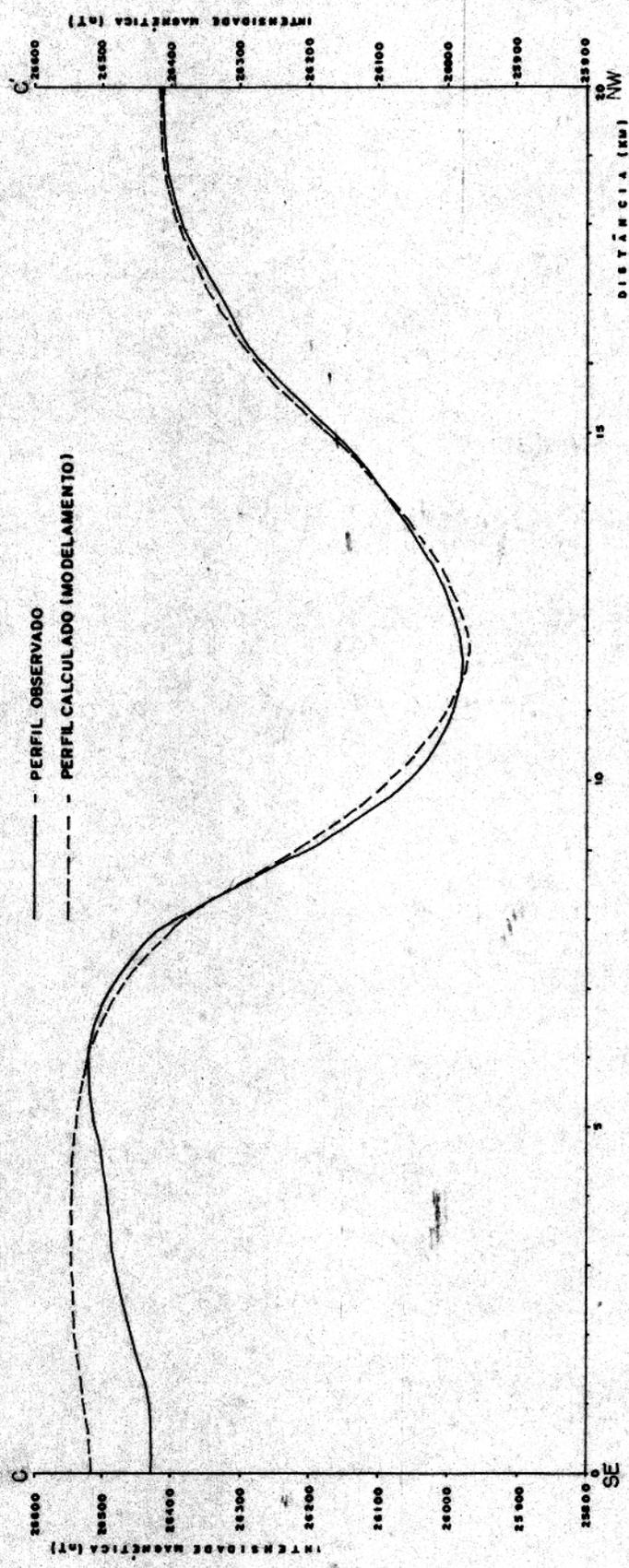
ESCALA



Fonte: MAPAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC

Folhas: SB.22-Z-C-VI e SB.22-X-A-III (Brasil-DNPM, 1979)

Fig. 27 - Mapa de localização do Perfil de Intensidade Magnética C-C'. Modelo C-1.



LEGENDA

 - CONTORNO DO CORPO MODEI

0.01 u.c.g.s - CONTRASTE DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA

ESCALAS:

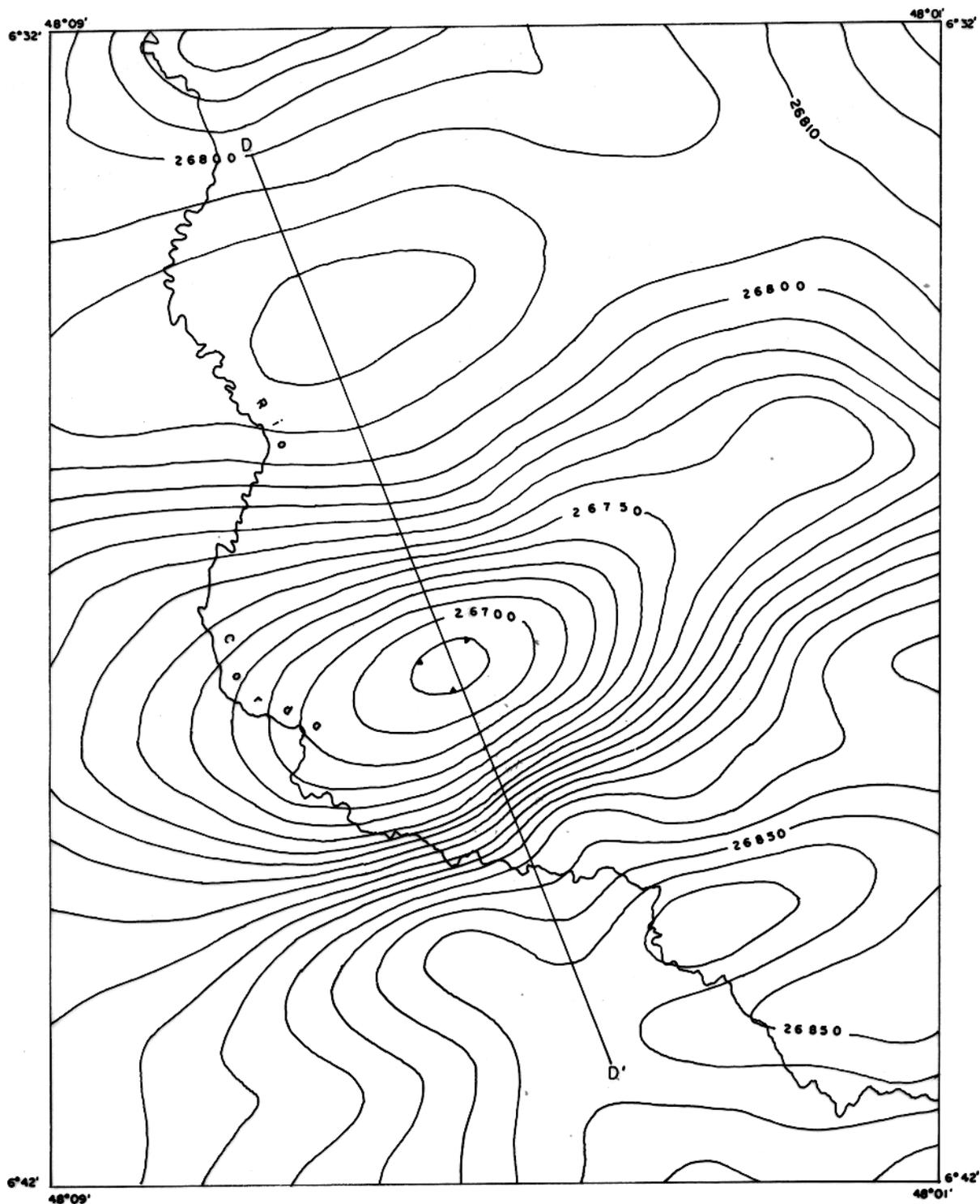
HORIZONTAL  1km

VERTICAL  1km

Fig. 28 - Perfil de intensidade magnética C-C'. Modelo C-1.

ESPECIFICAÇÕES:

- Espessura : 5000m
- Imprimento : 5600m
- Merquilha : 60° SE
- Prof. do topo : 2380m
- Direção (parâ) : N17° W



LEGENDA

-  - LINHAS ISOGÂMICAS
-  - BAIXO MAGNÉTICO
-  - PERFIL MAGNÉTICO

Declinação Magnética (1976): $-16,48^\circ$
 Inclinação Magnética (1976): $-3,17^\circ$
 Campo total: 26.604 T

Fonte: MAPAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC
 Folha . SB.22-Z-B-VI (Brasil-DNPM, 1979).

ESCALA



Equidistância: 10 nT

Fig. 29 - Mapa de localização do Perfil de Intensidade Magnética D-D'. Modelo C-2.

deste, e que influenciam nitidamente a curva resultante dessa feição anômala, torna-se difícil estabelecer uma aproximação mais objetiva para toda a extensão do perfil. Assim, procedeu-se, primeiramente, o ajuste da porção mais noroeste, uma vez que é sabido ser maior a influência no sentido inverso, devida a corpos situados fora dos limites desse perfil. A melhor aproximação foi obtida considerando um corpo vertical (ou subvertical, com leve inclinação para SE), possuindo um contraste de susceptibilidade magnética de 0,01u.cgs, espessura de 1.000m, extensão em profundidade de 6.000m, e profundidade do topo de 2.500m (Fig. 30). Para demonstrar a influência de fontes externas nesse perfil, modelou-se uma segunda alternativa, considerando agora dois corpos causadores da anomalia, possuindo ambos o mesmo valor para o contraste de susceptibilidade magnética, ou seja 0,01u.cgs. O primeiro com profundidade de 3.100m e mergulho da ordem de 65° SE, tem espessura de 2.400m e extensão em profundidade de 4.500m. O outro, de forma tabular e horizontal, ocorre na porção su deste do perfil, a 17.000m da origem, e tem profundidade de cer ca de 5.000m, comprimento de onda de 2.800m e espessura de 2.000m (Fig. 29). A porção mais noroeste do perfil modelado, para es sa segunda opção, sofreu um considerável aumento de intensidade, devido a influência desse segundo corpo, sua dimens ão e profundi dade.

2.3.4.4. Modelo C-3

Com extensão de 15km e direção N5°W, localiza-se na porção mediana central da área e compreende parte do flanco ocidental do eixo de ocorrência das braquianticlinais (Fig. 31). Apresenta a conformação geral de uma anomalia devida a um corpo com dimensões e profundidade moderadas, considerando sua amplitude de cerca de 150nT e comprimento de onda relativamente curto, com cerca de 3.000m.

Submetido a modelamento, essa anomalia foi interpretada como devida a dois corpos com características distintas (Fig. 32). O primeiro, com contraste de susceptibilidade de cer ca de 0,06u.cgs, tem largura de 1.000m, profundidade de 700m, extensão em profundidade de 500m e mergulho de 60° SE. O segundo, localizado na porção noroeste do perfil, apresenta uma forma ta

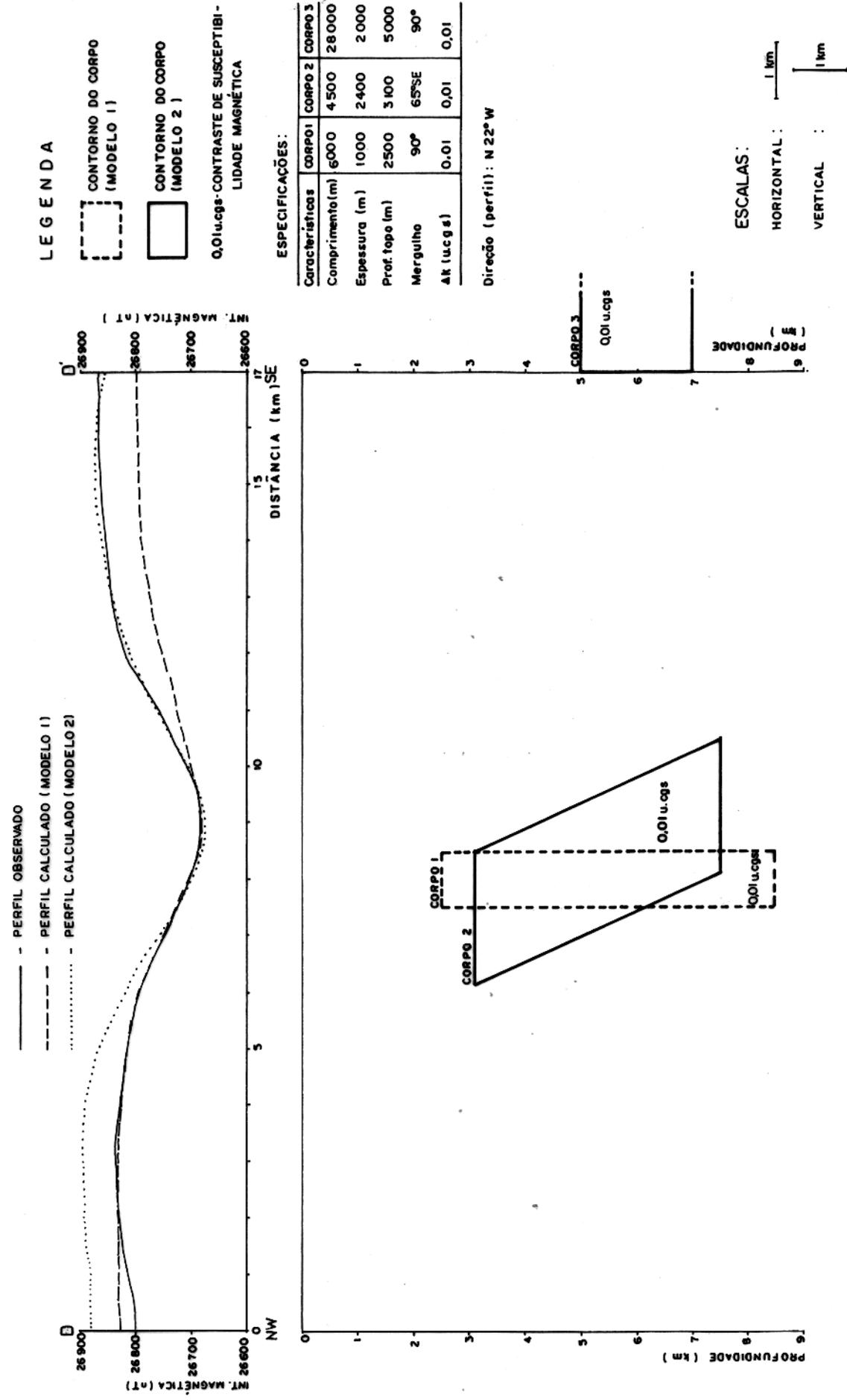
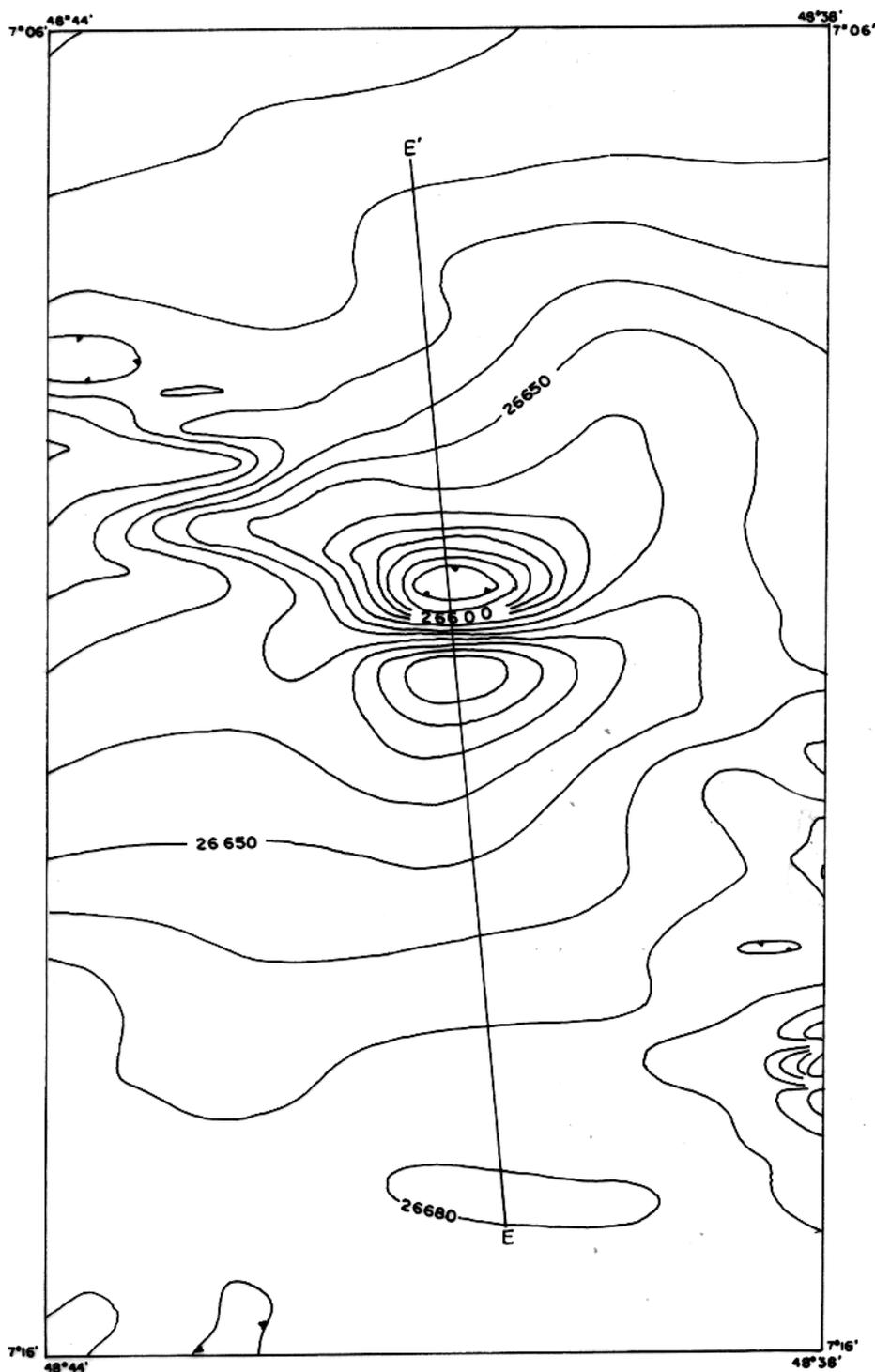


Fig. 30 - Perfil de intensidade magnética D-D'. Modelo C-2.



LEGENDA

-  - LINHAS ISOGÂMICAS
-  - BAIXO MAGNÉTICO
-  - PERFIL MAGNÉTICO

Declinação Magnética (1976): $-16,15^\circ$; Campo total: 26.479 γ

Inclinação Magnética (1976): $-2,72^\circ$

Equidistância: 10 nT

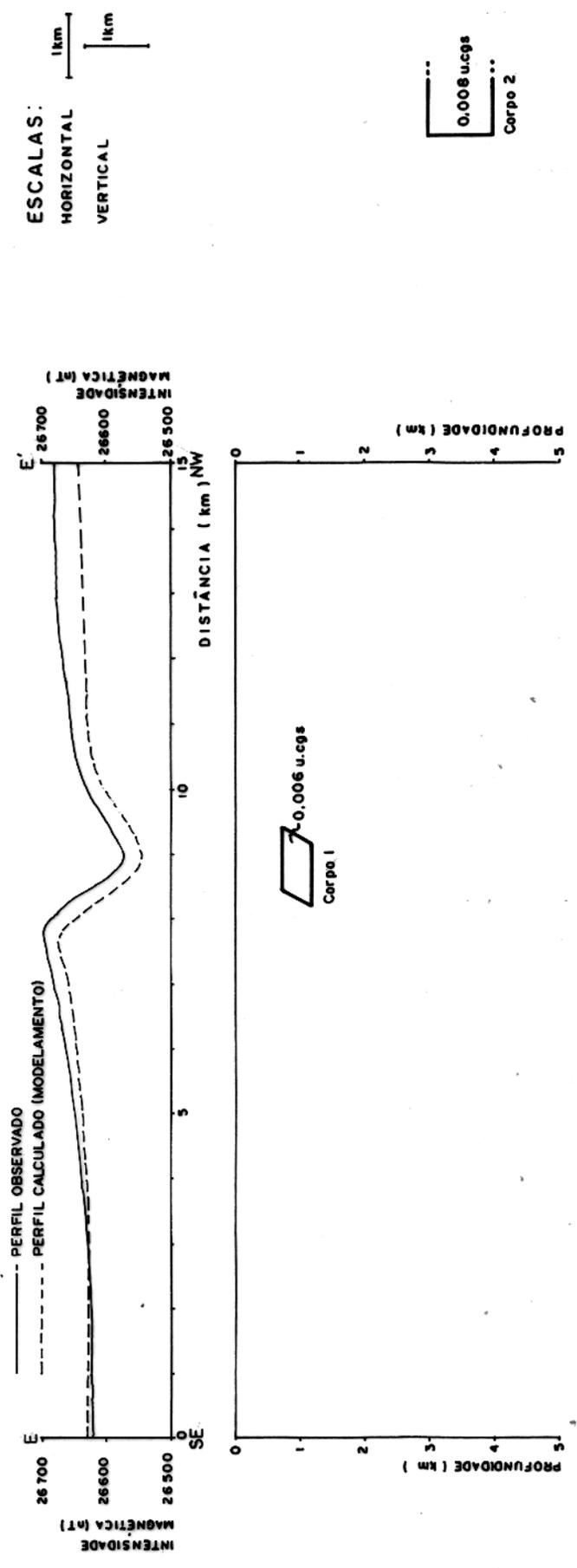
Fonte: MAPAS DE INTENSIDADE MAGNÉTICA DO PGBC

Folha: SB. 22-Z-D-II (Brasil-DNPM, 1979)

ESCALA



Fig. 31 - Mapa de localização do Perfil de intensidade magnética E-E'. Modelo C-3.



ESCALAS:
HORIZONTAL 1km
VERTICAL 1km

0,006 u.cgs
Corpo 2

LEGENDA

- CONTORNO DO CORPO MODELADO
- 0,006 u.cgs - CONTRASTE DE SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA (Δk)

ESPECIFICAÇÕES:

Características	Corpo 1	Corpo 2
Comprimento (m)	1000	5000
Espessura (m)	500	1000
Prof. topo (m)	700	3000
Mergulho (graus)	60° SE	90°
Δk (u.cgs)	0,006	0,008

Direção (perfil) : N5°W

Fig. 32 - Perfil de intensidade magnética E-E'. Modelo C-3.

bular, com seção retangular. Possui 5.000m de comprimento, espessura de 1.000m, profundidade de 3.000m e estando em posição vertical ou sub-vertical.

Da mesma forma que os demais, apresenta como característica principal a inclinação dos corpos para sudeste, acompanhando toda a geometria imposta pela estruturação da faixa de dobramentos Araguaia.

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise das informações obtidas através do levantamento gravimétrico efetuado ao longo de toda a porção setentrional da Faixa de Dobramentos Araguaia, conjuntamente com aquelas fornecidas pelo levantamento aeromagnético do Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), e aliadas ainda ao conhecimento geológico dessa região, assim como em estudos desenvolvidos em regiões similares (Davino, 1980; Gibb et al., 1983), permite que consideremos essa região como uma extensa faixa deprimida, apresentando uma considerável deficiência de massa em sua porção central e caracterizando-se por mostrar um padrão estrutural geral com direção submeridiana, com algumas deflexões ao longo de sua extensão.

O padrão magnético da faixa de dobramentos, mostrado pelos mapas de intensidade magnética do PGBC, fortemente contrastante com o comportamento apresentado no domínio cratônico (Cráton Amazônico), devido principalmente à influência do pacote de metassedimentos, denota de forma bem evidente essa individualização. Da mesma forma como no mapa de anomalias Bouguer, a configuração geométrica geral das estruturas salientadas, ao longo da faixa, apresenta direção preferencialmente submeridiana, embora permeadas por feições rasas, em direções diversas, enquanto no domínio cratônico o padrão geral é predominantemente E-W.

A incidência de uma série de feições magnéticas anômalas, apresentando comprimentos de onda reduzidos e frequências elevadas, notadamente ao longo de uma zona circundando o flanco ocidental da faixa, na região de ocorrência do Grupo Tocantins, corresponde à maior incidência nessa porção, de corpos máfico-ultramáficos, de dimensões que nunca excedem 5km de largura e de ocorrências esporádicas, orientadas predominantemente segundo a direção N-S. O fato de esses corpos não influenciarem de forma marcante a geração de anomalias gravimétricas, aliadas às informações geológicas, tais como relações de contato desses com as litologias adjacentes, leva-nos à constatação de tratarem-se realmente de corpos alóctones, isolados, sem continuidade em subsuperfície, colocados nesses níveis atuais por meio de esforços tectônicos de natureza compressiva. O resultado do modelamento

procedido nessa região revelou que, de um modo geral, esses corpos apresentam mergulho genericamente para leste e que, a medida que se tornam mais profundos tendem a se horizontalizarem.

Dentre essas feições locais, são destacáveis aquelas alinhadas em direção geral NW-SE, encontradas a oeste de Conceição do Araguaia, correspondentes a uma série de corpos máfico-ultramáficos ocorrentes nessa região e que produziram uma série de anomalias gravimétricas locais. Também merece destaque, além de outras, a anomalia magnética basicamente coincidente com o eixo da rodovia GO-278 (Presidente Kennedy - Tupirama), provavelmente relacionada com corpos mais densos e de natureza mais básicas que o material envolvente, evidenciado também, de forma modesta, no mapa Bouguer.

Da mesma forma, a incidência de fortes anomalias magnéticas na região de Araguaia, corresponde à ocorrência de derrames basálticos da Formação Mosquito, da Bacia do Parnaíba, mostrando que estes se estendem além dos limites conhecidos em superfície, através de mapeamentos geológicos. Estes derrames, todavia, não apresentam volumes consideráveis, uma vez que não produzem anomalias gravimétricas mais fortes.

A existência de uma forte anomalia gravimétrica negativa ocorrente na porção sudeste da área, destacadamente ao longo da rodovia GO-376, parece estar relacionada diretamente com uma zona deprimida, aparentemente na forma de um "graben", ou devido ao espessamento do pacote de sedimentos, ou ainda a uma porção do embasamento, restada quando do soerguimento diapírico que produziu o eixo de ocorrência das braquidobras, uma vez que se observa claramente a continuidade do gradiente para leste. Pode ainda ser devida ao resultado de um processo tectônico, que provocou deslocamento de fatias de massas rochosas, e que foi o responsável por cavalgamentos de dimensões consideráveis. A presença de rochas sedimentares da Bacia do Parnaíba nesse setor, a depender de sua espessura, pode gerar uma deficiência de massa mensurável. Acreditamos, no entanto, que essa influência não seja tão importante, a ponto de produzir anomalias da ordem de 20mgal, conforme observado nessa região.

Ao longo de toda a área observa-se notadamente duas fortes inflexões das curvas isogal, do mapa de anomalias Bouguer.

A primeira, em sua porção setentrional, ocorre mais precisamente na altura do paralelo $5^{\circ}30'S$, e parece refletir uma notável influência estrutural, ao longo de uma zona estendendo-se com direção NW-SE, a qual denominamos de Zona de Estruturação Marabá, que é responsável pelo deslocamento sinistral do bloco setentrional, a norte desse paralelo, no sentido noroeste, conforme atestam as informações geológicas (Abreu, 1978). Coincide, em superfície, com a forte inflexão do Rio Tocantins, o qual assume, nessa zona, uma orientação basicamente E-W. É notável também esse alinhamento e os efeitos dessa estruturação nas linhas isogâmicas dos mapas de intensidade magnética total do PGBC, onde nos limites com o Cráton Amazônico, tomam feições típicas de porções deslocadas, restadas dentro dos domínios da faixa (Fig. 21). A segunda inflexão, também de notáveis proporções, ocorre à altura do paralelo $7^{\circ}S$, porção mediana da área (ver Anexo 1), com direção geral NW-SE, parecendo estar relacionada com a estruturação imposta pelo Lineamento Carajás. Mostra-se como uma zona de deficiência de massa, apresentando uma intensidade gravimétrica negativa relativamente alta e uma menor incidência de anomalias magnéticas locais, o que nos leva a considerá-la como uma zona abateda e preenchida por material menos denso e de menor intensidade de magnética.

Com respeito ao eixo de anomalia gravimétrica positiva associada à faixa de afloramento dos núcleos das braquidobras, observa-se que o mesmo encontra-se deslocado para leste dessa faixa, o que é devido a um maior volume de material mais denso, em subsuperfície, assim como a influência da falha de empurrão, existente ao longo de praticamente todo o flanco oriental desse eixo, responsável pelo cavalgamento do bloco oriental sobre o ocidental, de acordo com a colocação de Dall'Agnol et al. (no prelo). Esse cavalgamento deve incluir material do substrato, como também pode associar material mais denso (crosta granulítica) colocado a profundidade moderada, a exemplo do que ocorre no cinturão granulítico do Médio Tocantins (Hasui et al., 1984).

A grande deformidade das curvas de anomalias gravimétricas, assim como a grande frequência de anomalias magnetométricas de pequenos comprimentos de onda, ocorrentes na porção ocidental da área (domínio cratônico) está intrinsecamente relacio

nado com a complexidade litológica desse setor, abrangendo as diversas litologias que constituem o Complexo Xingu, ainda permeado de outras configurações litológicas, envolvendo intrusões granítico-granodioríticas, manifestações vulcânicas, sequências metassedimentares e metavulcânicas, além de coberturas sedimentares e estruturas, tais como falhamentos e dobramentos.

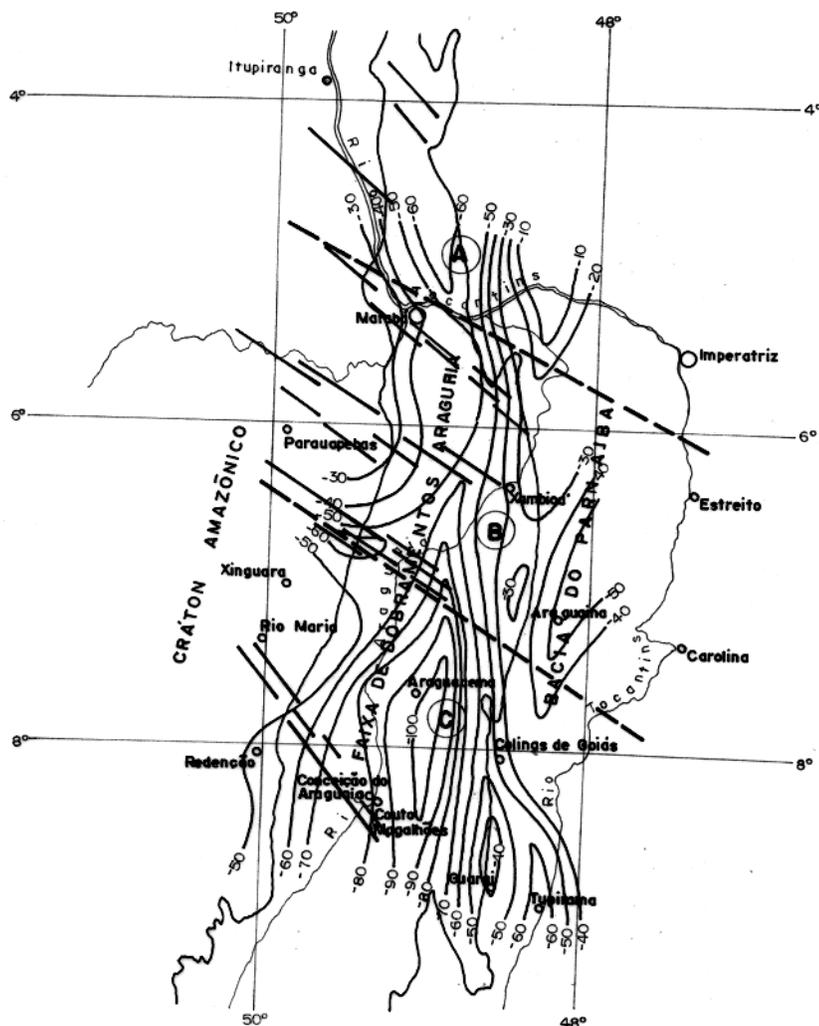
Por outro lado, o comportamento geral, quer das linhas isogâmicas como as de anomalias Bouguer, concordantes com o padrão geral da faixa de dobramentos Araguaia e marcadamente contrastante com aquelas do domínio cratônico, no flanco ocidental, leva-nos a entender que o embasamento da faixa de dobramentos aparentemente se prolonga por sob os sedimentos da Bacia do Parnaíba, ao que parece conservando as mesmas características estruturais gerais e denotando uma marcante diferença de comportamento com aquelas do setor cratônico. Outra alternativa para tentar explicar essa notável semelhança de comportamento entre o domínio central, representado pela faixa de dobramentos Araguaia, e o oriental, admitido como sendo a Bacia do Parnaíba, para a área em apreço, seria o fato de se considerar que o limite oriental desse segmento crustal estaria ainda mais para leste, além dos limites da área. A inexistência de informações geofísicas, quer gravimétricas ou magnetométricas, nesse setor, nos impede de fornecer uma conclusão mais objetiva a respeito.

Em termos gerais observa-se um gradiente ascendente, de sul para norte, continuando com esse comportamento nesse sentido, conforme verificado em levantamentos procedidos através da PETROBRÁS (Abreu et al., 1984), variando de cerca de -107mgal em sua porção mediana inferior, até cerca de -60mgal em seu extremo setentrional. No âmbito da faixa de dobramentos Araguaia observa-se uma destacável diferença no gradiente entre os flancos ocidental, onde se apresenta mais suave, e oriental, onde aparece mais intenso. Isto é devido principalmente ao comportamento geométrico das camadas que constituem as diversas unidades litoestratigráficas da faixa de dobramentos, genericamente mergulhando para leste, no seu setor ocidental, somada a uma contribuição tectônica, responsável pela geração de falhas, dobramento de pacotes e cavalgamento de blocos, onde o bloco oriental, correspondente ao flanco da Bacia do Parnaíba, é empurrado sobre o ocidental. De

qualquer forma esse extenso eixo de forte gradiente, paralelo e oriental ao eixo de ocorrência das braquidobras, reflete a existência de uma forte descontinuidade, provavelmente relacionada a uma intensa e fenomenal atividade tectônica, incluindo zonas de cisalhamento de baixo ângulo e intrusões de massa densa na crosta, a profundidades relativamente pequenas, conforme proposição de Costa (comunicação pessoal).

Com base nos mapas de anomalias Bouguer e de intensidade magnética, para o domínio da faixa de dobramentos Araguaia, podemos identificar a existência de três grandes compartimentos distintos, caracterizados por apresentarem intensidades e direções das linhas de contorno gravimétricos, assim como os padrões de textura e frequência de ocorrência das linhas isogâmicas diferentes. Esses compartimentos (Fig. 33) acham-se bem demarcados nesses mapas, separados por meio de duas grandes zonas de estruturação, quais sejam o Lineamento Carajás, que separa o setor meridional do central e a Zona de Estruturação Marabá, limitando o setor central com o setentrional. Dessa forma, o compartimento setentrional foi denominado de Setor Marabá, o intermediário de Setor Xambioá, enquanto que para o compartimento meridional, localizado a sul do Lineamento Carajás, adotou-se a mesma denominação empregada por Haralyi e Hasui (1981), qual seja Bloco Araguaçema. Pela observação da intensidade de anomalia Bouguer, assim como pela maior frequência de anomalias magnéticas mais rasas, notadamente em sua porção central, constata-se que o Setor Xambioá encontra-se aparentemente soerguido, em relação aos adjacentes (Marabá e Bloco Araguaçema), assim como arqueado horizontalmente em função dos esforços relacionados aos lineamentos estruturais, a norte e a sul deste. A deficiência de informações gravimétricas nesse compartimento dificulta sobremaneira a complementação desse raciocínio.

Para efeito de modelamento gravimétrico, considerou-se toda a zona de anomalias negativas como devida a uma ampla faixa de deficiência de massa, que pode naturalmente ser explicada através de várias feições. Na tentativa de mostrar algumas dessas opções, foram elaboradas três modelos alternativos, sobre o perfil mais representativo (A-A'), sendo um considerando a grande anomalia negativa regional como devida a uma depressão do em



LEGENDA

-  - Limite entre os domínios geotectônicos
-  - Drenagem
-  - Localidades
-  - Lineamentos
-  - Curva de contorno (10 mgal)
-  - Limites entre os compartimentos
-  - Setor Marabá
-  - Setor Xambioá
-  - Bloco Araguacema

ESCALA



Fig. 33 - Esboço da compartimentação da Faixa de Dobramentos Araguaia, com base nas informações geofísicas.

basamento, o qual apresenta características físicas semelhantes às do Cráton Amazônico, onde domina o Complexo Xingu. Nesse modelo o alto gravimétrico relacionado com o eixo das braquidobras (inclusive) foi considerado simplesmente como uma elevação do nível do embasamento, enquanto que as demais anomalias locais como devidas a diversos corpos apresentando diferentes valores de densidades (Fig. 8). O segundo modelo alternativo considera a grande anomalia gravimétrica negativa regional produzida por uma deficiência de massa profunda (depressão na base da crosta) e as demais anomalias locais como produzida por feições rasas. Justifica-se esse procedimento pois, como é sabido, uma anomalia gravimétrica negativa regional pode estar diretamente relacionada a um espessamento crustal, desde que se possa considerar uma relativa constância nos valores de densidade média da crosta e do manto (Woolard, 1969). Apesar das dificuldades em se aceitar essas condições, uma vez que não se dispõe de dados sísmicos sobre essa região, podemos, baseados em estudos dessa natureza realizados em diversas partes do mundo (Woolard, op. cit.), considerar no mínimo como uma possibilidade essa situação. De qualquer forma não nos parece coerente considerar essa grande anomalia negativa de menos de -100mgal como produzidas por variações laterais de massa, dentro do âmbito da faixa, uma vez que para tal seria necessário ocorrer um contraste negativo de densidade muito forte para justificar tamanha anomalia, o que é incompatível com a realidade da região, onde os contrastes de densidade laterais são da ordem de no máximo dois décimos de unidades g/cm^3 (Tabela 5). O terceiro modelo considera, além de uma deficiência de massa profunda, como no anterior, a presença de uma massa densa excedente, introduzida na crosta, com o fim de justificar a anomalia gravimétrica positiva flanqueando o eixo das estruturas dômicas (Fig. 12).

Da mesma forma, o comportamento genérico das linhas isogâmicas, ao longo de toda a extensão da faixa de dobramentos, denota tratar-se de uma porção deprimida, permeada por uma série de feições litológicas e estruturais, que são as responsáveis pelas anomalias locais.

Com os resultados do modelamento pudemos elaborar dois modelos geológicos, na forma de perfis esquemáticos e em esca

la crustal, a fim de representar as prováveis formas de distribuição de massas sob essa região, mostrando ainda algumas estruturas tectônicas associadas. O primeiro, de constituição bem simples, está em coerência com o modelo gravimétrico A-1 (Fig. 8), e considera o embasamento como toda a massa crustal, com alguns corpos mais densos intrudidos dentro das supracrustais (Fig. 34). O segundo, de forma mais complexa e aparentemente mais coerente com a realidade geológica, admite a existência de uma depressão na base da crosta e a inserção de uma massa densa nesta (Fig. 35), em concordância com o modelo gravimétrico A-3 (Fig. 12).

Não se descarta a possibilidade de essa anomalia positiva, oriental ao eixo das braquidobras, ser devida a um soerguimento do nível de base da crosta, o qual ocasionaria também uma elevação do embasamento.

O fato de as anomalias magnéticas locais e profundas figurarem, de uma certa forma, ao longo de um alinhamento, basicamente paralelo ao eixo das braquidobras, sugere a existência de uma faixa profunda (com mais de 2km de profundidade) de ocorrência de corpos básicos, nessa porção.

Os resultados dos modelamentos gravimétrico e magnetométrico mostram-se, em termos de estimativa de profundidade, uma coerência bem estreita mesmo considerando que as anomalias magnéticas modeladas figuram basicamente ao longo de um alinhamento submeridiano, e considerando os valores assumidos para a densidade e susceptibilidade magnética do material envolvido.

Uma das grandes dificuldades no modelamento magnético, nessa região, é justamente a não existência de valores medidos de susceptibilidade magnética de rochas, uma vez que, tratando-se de uma região que foi palco de eventos de natureza metamórfica de diferentes graus, é possível que tenha havido variações nessa propriedade. No entanto, como é sabido que a grande variação na intensidade metamórfica se deu no sentido E-W, a localização das feições modeladas alinhadas basicamente com a direção N-S diminui grandemente a possibilidade de erros de variações de valores.

Uma característica marcante e interessante observada, quer no modelo gravimétrico como também no magnetométrico, é o comportamento genérico dos corpos, notadamente na porção ocidental da faixa, mergulhando para sudeste, assim como o escalonamen

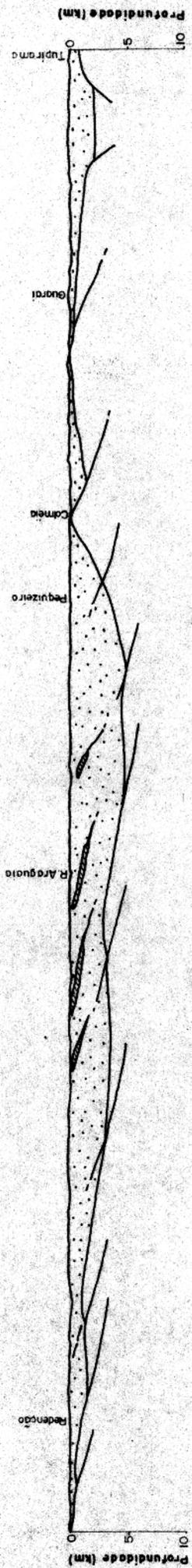


Fig. 34 - Perfil geológico associado ao Modelo Gravimétrico A-1, em escala crustal.

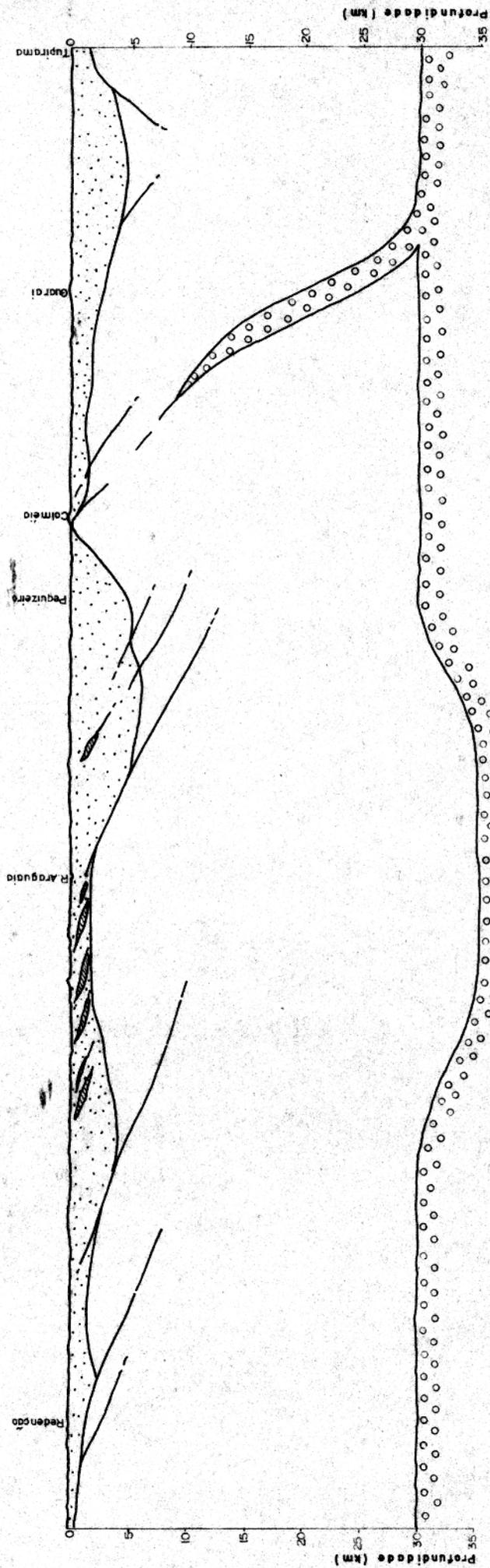
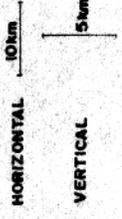


Fig. 35 - Perfil geológico (escala crustal) associado ao Modelo Gravimétrico A-3.

LEGENDA

-  - SUPRACRUSTAIS
-  - CROSTA SIALICA
-  - CROSTA SIMÁTICA
-  - CORPOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS

ESCALAS:



to do nível do substrato (embasamento), dando a entender que es se é constituído por fatias imbricadas.

Para melhor esclarecimento do comportamento estrutural da faixa de dobramentos Araguaia, torna-se necessário e fundamental que se proceda, futuramente: (1) o adensamento de rede de observações gravimétricas na área, notadamente nas porções onde, por falta de condições logísticas, não foi possível proceder medidas, como em praticamente toda a extensão do compartimento central da área; (2) a extensão do levantamento gravimétrico para além dos limites da área abrangida neste trabalho: para norte até às imediações do paralelo 4° S, para leste até aproximadamente o meridiano que passa por Imperatriz (MA), para fins de compreender a natureza do embasamento da Bacia do Parnaíba e suas relações com a faixa de dobramentos, e para oeste, visando esclarecer a transição para o Cráton Amazônico e a extensão dos grandes elementos estruturais comuns aos dois domínios, tais como a falha de empurrão de Tucuruí, os lineamentos Carajás e Iriri-Martírios, e outros. Não se descarta a continuidade do levantamento para sul, a fim de complementar a cobertura, mesmo apesar das restrições impostas pela sedimentação da Ilha do Bananal; (3) é necessário que se tenha acesso às fitas contendo os dados do aérolevamento magnético do PGBC, a fim de se poder processá-las e trabalhar essas informações computacionalmente, visando subtrair o gradiente regional normal do campo geomagnético, através de um modelo do IGRF, a fim de se poder dispor de um mapa que seja o máximo possível fiel às estruturas causadoras das feições anômalas. Para efeito de interpretação do comportamento estrutural mais profundo, seria necessário proceder uma filtragem, cancelando anomalias de altas frequências, para que o mapa resultante refletisse a configuração mais fiel dessas estruturas; (4) da mesma forma, torna-se extremamente necessário obter-se as demais informações do PGBC, pertinentes à área, tal como os mapas de intensidades radiométricas, visando auxiliar fundamentalmente na interpretação litológica e, (5) seria importante que se procedessem medidas de propriedades físicas dos litotipos da região (densidade e susceptibilidade magnética, principalmente), a fim de simplificar consideravelmente as condições de modelamento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F. de A. M. de - 1978 - Estratigrafia e Evolução do Segmento Setentrional da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 75p.
- ABREU, F. de A. M. de; HASUI, Y. - 1978 - Evolução Estrutural do Supergrupo Baixo Araguaia. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, novembro, V.1, p.257-269.
- ABREU, F. de A. M. de; LESQUER, A.; BYAMUNGU, B. R. - 1984 - A Estruturação Setentrional do Brasil segundo a Gravimetria. Ciências da Terra, 10:10-13.
- ABREU, F. de A. M. de; J. M. R. da; FARIA Jr., L. E. do C. - 1978 - Projeto Xambioá-Vanderlândia. Relatório Final. Belém, Convênio DNPM/UFPa. 83p.
- ABREU, F. de A. M. de; SILVA, J. M. R. da; HASUI, Y. - 1980 - Evolução do Grupo Estrondo na Região de Xambioá. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriu, novembro, p. 2542-2550.
- AGUIAR, G. A. de - 1971 - Revisão Geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. In: Anais do XXV Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo, setembro, V.1, p.113-122.
- ALMEIDA, F. F. M. de - 1974 - Sistema Tectônico Marginal do Cráton Guaporé. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, outubro, V.4, p.9-17.
- ALMEIDA, F. F. M. de; FERREIRA, F. J. F.; CARNEIRO, C. D. R. ; STEFANI, F. L. - 1986 - Aspectos Evolutivos da Geossutura Tocantins-Araguaia. In: Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Geologia, Goiania, outubro, V.3, p.1269-1284.
- BARBOSA, O.; ANDRADE RAMOS, J. R.; GOMES, F. A.; HEMBOLD, R. - 1966 - Geologia Estratigráfica, Estrutural e Econômica da Área do Projeto Araguaia. Rio de Janeiro, Div. Geol. Min., V.19.
- BEISIEGEL, V. de R.; BERNADELLI, A. L.; DRUMMOND, N. F.; RUFF, A. W.; TREMAINE, J. W. - 1983 - Geologia e Recursos Minerais da Serra dos Carajás. São Paulo, Rev. Bras. Geoc., 3(4):215 - 242.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - 1979a - Projeto Geofísico Brasil-Canadá. Mapas de Intensidade Magnética

Total (1:100.000). Folhas SB.22-Z-A-III, SB.22-Z-A-VI, SB.22 - Z-B-I, SB.22-Z-B-II, SB.22-Z-B-III, SB.22-Z-B-IV, SB.22-Z-B-V, SB.22-Z-B-VI, SB.22-X-C-III, SB.22-X-C-VI, SB.22-Z-C-II, SB.22-Z-C-III, SB.22-Z-C-VI, SB.22-X-D-I, SB.22-X-D-II, SB.22-X - D-III, SB.22-X-D-IV, SB.22-X-D-V, SB.22-X-D-VI, SB.22-Z-D-I , SB.22-Z-D-II, SB.22-Z-D-III, SB.22-Z-D-IV, SB.22-Z-D-V, SB.22-Z-D-VI, SC.22-X-A-III e SC.22-X-A-VI.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - 1979b - Projeto Geofísico Brasil-Canadá. Mapas de Intensidade Magnética Total (1:250.000). Folhas SB.22-X-D, SB.22-Z-B, SB.22-Z-D e SC.22-X-B.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - 1979c - Projeto Geofísico Brasil-Canadá. Toronto, Northway Survey Corporation. 54p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - 1983 - Projeto RADAM. Cartas Planimétricas (1:250.000). Folhas SB.21-V-A , SB.21-V-C, SB.21-Y-A, SB.21-Y-C, SB.21-V-A, SB.22-X-C, SB.22 - X-D, SB.22-Z-A, SB.22-Z-B, SB.22-Z-C, SB.22-Z-D, SC.22-X-A e SC.22-X-B.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - 1980 - Cartas Topográficas (1:100.000). Folhas SB.22-X-C-III, SB.22 - X-C-VI, SB.22-X-D-I, SB.22-X-D-II, SB.22-X-D-III, SB.22-X-D - IV, SB.22-X-D-V, SB.22-X-D-VI, SB.22-Z-A-III, SB.22-Z-A-VI , SB.22-Z-B-I, SB.22-Z-B-II, SB.22-Z-B-III, SB.22-Z-B-IV, SB.22. Z-B-V, SB.22-Z-B-VI, SB.22-Z-C-II, SB.22-Z-C-III, SB.22-Z-C-V, SB.22-Z-C-VI, SB.22-Z-D-I, SB.22-Z-D-II, SB.22-Z-D-III, SB.22. Z-D-IV, SB.22-Z-D-V, SB.22-Z-D-VI, SC.22-X-A-II, SC.22-X-A - III, SC.22-X-A-V, SC.22-X-A-VI, SC.22-X-B-I, SC.22-X-B-II, SC.22-X-B-III, SC.22-X-B-IV, SC.22-X-B-V e SC.22-X-B-VI.

CAPUTO, M. V.; MARQUES, L. F. S. P.; CARVALHO, L. C. A. - 1983 - Desenvolvimento Tectônico das Bacias do Parnaíba e Amazonas . Relatório 436-G. Belém, PETROBRÁS, DEPEX/DENOR. 49p.

CARMICHAEL, R. S. - 1983 - Handbook of Physical Properties of Rocks. Flórida, CRC. V.3.

CARMO, S. D. do - 1978 - Programação e Execução do Projeto Geofísico Brasil-Canadá. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, novembro, V.5, p.2233-2247.

CNPq - 1983 - Boletim Informativo. Rede Gravimétrica Fundamental

- Brasileira. Pub. Obs. Nacional, nº 5. 19p.
- CORDANI, U. G.; NEVES, B. B.; FUCHS, R. A.; PORTO, R.; THOMAS FILHO, A.; CUNHA, F. M. B. da - 1984 - Estudo Preliminar de Integração do Pré-Cambriano com os Eventos Tectônicos das Bacias Sedimentares Brasileiras. Ciência-Técnica-Petróleo, nº 15. 70p.
- COSTA, J. B. S. - 1980 - Evolução Geológica da Região de Colméia-GO. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 71p.
- COSTA, J. B. S.; GORAYEB, P. S. de S.; BEMERGUY, R. L.; JUNIOR, T. G.; KOTSCHUBEY, B.; LEMOS, R. L. - 1983 - Projeto Parafuso do Norte. Relatório Final. Belém, CVRD/UFPa. 125p.
- DALL'AGNOL, R.; GORAYEB, P. S. de S.; TEIXEIRA, N. P.; SANTOS, M. D.; MACAMBIRA, J. B.; KOTSCHUBEY, B. - No prelo - A Faixa de Dobramentos Araguaia. Contribuição para o Livro "The Geologic Evolution of South America". Belém.
- DALL'AGNOL, R.; SCHENATO, C. A.; CORDEIRO, A. A. C.; SCHELLER, T. - 1985 - Efeitos de Contato do Maciço Granítico Jamon na Sequência Lagoa Seca (Sudeste do Pará). In: Anais do II Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, setembro, V.2, p.33-52.
- DAVINO, A. - 1980 - Delineamento dos Limites Estruturais do Cráton do Paramirim por Gravimetria. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriu, outubro, V.5, p.2563 - 2582.
- DOBRIN, M. B. - 1976 - Introduction to Geophysical Prospecting. Third Edition. New York, McGraw-Hill. 630p.
- ENMARK, T. - 1981 - A Versatile Interactive Computer Program for Computation and Automatic Optimization of Gravity Models. Geoprospection, 19:47-66.
- ESCOBAR, I. P.; SANTOS, N. P. dos - 1980 - Ajustamento da Rede Gravimétrica do Observatório Nacional. Rio de Janeiro, CNPq/Observatório Nacional, Boletim nº 2. 32p.
- FIGUEROLA, J. C. - 1974 - Tratado de Geofísica Aplicada. Madrid, Litoprint. 521p.
- GARLAND, G. D. - 1979 - Introduction to Geophysics (Mantle, Core and Crust). Philadelphia, W. B. Snunders. 494p.
- GIBB, R. A.; THOMAS, M. D. - 1976 - Gravity Signature of Fossil Plate Boundaries in the Canadian Shield. Nature, 262:119-200.
- GIBB, R. A.; THOMAS, M. D.; LAPOINT, P. L.; MUKHOPADHYAY, M. -

- 1983 - Geophysics of Proposed Proterozoic Sutures in Canada . Precambrian Research, 19(4):349-384.
- GOMES, P. - 1965 - O Uso do Altimetro nas Investigações Geológicas. Recife, CONESP. 30p.
- GORAYEB, P. S. de S. - 1981 - Evolução Geológica da Região de Araguacema-Pequizeiro. Goiás. Dissertação de Mestrado. Belém , UFPa/NCGG. 99p.
- GUERREIRO, M. G. S.; SILVA, J. M. R. - 1976 - Projeto Guarai-Conceição. Belém, Convênio DNPM/UFPa. 50p.
- HAMMER, S. - 1939 - Terrain Corrections for Gravimeters Stations. Geophysics, 4:184-194.
- HARALYI, N. L. E. - 1980 - Depressões Tectônicas no Crátôn do Paráramirim. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia , Camboriu, outubro, V.5, p.2634-2638.
- HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. - 1981 - Anomalias Gravimétricas e Estruturas Maiores do Sul de Goiás. In: Ata do I Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Goiania, outubro, p.73-92.
- HARALYI, N. L. E.; HASUI, Y. - 1982 - Compartimentação Geotectônica do Brasil Oriental com Base na Informação Geofísica. In: Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, setembro, V.1, p.374-385.
- HASUI, Y.; ABREU, F. de A. M. de; COSTA, J. B. S.; SILVA, J. M. R. - 1981 - A Faixa de Dobramentos Araguaia - Estado de Conhecimento. In: Ata do I Simpósio de Geologia do Centro-Oeste , Goiania, outubro, p. 177-194.
- HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; ABREU, F. de A. M. de - 1980 - Evolução Estrutural da Região de Colméia-GO. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriu, outubro, V.5, p. 2648-2658.
- HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; ABREU, F. de A. M. de - 1984 - Província Tocantins. Setor Setentrional. In: Almeida, F. F. M. de e Hasui, Y. O Pré-Cambriano do Brasil. São Paulo, Edgard Blücher, p.187-204.
- HASUI, Y.; HARALYI, N. L. E. - 1985 - A Megaestruturação de Goiás. In: Ata do II Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Goiania, outubro, p.120-144.
- HASUI, Y.; MATTA, M. A. da S. - 1984 - A Falha de Tucuruí. In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro

- ro, outubro, V.3, p.1729-1741.
- HIRATA, W. K.; RICON, J. C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A. A. C. ; MEIRELES, E. M. - 1982 - Geologia Regional da Província Mineral de Carajás. In: Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, maio, V.1, p.100-110.
- KEGEL, W. - 1965 - A Estrutura Geológica do Nordeste do Brasil . Rio de Janeiro, Div. Geol. Min., V.227.
- LAHEE, F. H. - 1970 - Geologia Practica. Barcelona, Ediciones O mega. 895p.
- LESQUER, A.; ALMEIDA, F. F. M. de; DAVINO, A.; LACHAUD, J. C. ; MAILLARD, P. - 1981 - Signification Structurale des Anomalies Gravimetriques de la Partie Sud du Craton de Sao Francisco ' (Brezil). Tectonophysics, 76:273-293.
- LONGMAN, I. M. - 1959 - Formula for Computing the Tidal Accelerations Due to the Moon and the Sun. Journal of Geophysical Research, 64(12):2351-2355.
- MACAMBIRA, J. B. - 1983 - Geologia e Ocorrências Minerais da Braquianticlinal do Lontra-GO. Dissertação de Mestrado. Belém , UFPa/NCGG.108p.
- MALIN, S. R. C.; BARRACLOUGH, D. R. - 1981 - An Algorithm for Synthezing the Geomagnetic Field. Computers&Geosciences, 7 (4):401-405.
- MARINI, O. J.; FUCK, R. A.; DARDENNE, N. A.; FARIA, D. de -1977- Contribuição à Geologia do Pré-Cambriano da Porção Central de Goiás. São Paulo, Rev. Bras. Geoc., 7(4):304-324.
- MARTINS, R. C.; ARAUJO, O. J. B. de - 1979 - Projeto Integraçãp Geológico-Geofísico Sul do Pará. Relatório Final. Belém, DNPM/ CPRM, V.1.
- MATTA, M. A. da S. - 1982 - Evolução Geológica da Região de Tucuruí-Pará. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 109p.
- MIRONOV, V. S. - 1977 - Curso de Prospeccion Gravimétrica. Espanha, Reverte. 525p.
- PIUCI, J. - 1979 - Hidrogeologia da Área Piloto de Ponta de Pedras - Ilha de Marajó. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 143p.
- PUTY, C. O. F.; MARTINS, R. C.; MONTALVÃO, R. M. G. de; JORGE JOÃO, X. S.; CARREIRA, C. O. F.; SILVA, G. H.; NEVES, A. P. ; CIFFONI, L. E.; LOURENÇO, R. S.; FRISO, S. J. de - 1972 - Pro

- Projeto Marabá. Relatório Integrado. Belém, DNPM/CPRM, V.1.
- SÁ, J. H. da S.; LEMOS, R. L.; KOTSCHOUBEY, B.; VILLAS, R. N.N.; SUCASAS Jr., P.; BARRIGA, V.; COSTA, M. L. da; COIMBRA, A. - 1979 - Projeto Araguaína. Relatório Final. Belém, Convênio DNPM/UFPa. 76p.
- SANTOS, M. D.; MACAMBIRA, J. B.; KOTSCHOUBEY, B. - 1984 - Uma Proposta para a Origem das Braquianticlinais de Xambioá e Lontra (GO) - Possíveis Domos Gnáissicos. In: Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, outubro, V. 7, p.3400-3414.
- SAZHINA, N.; GRUSHINSKY, N. - 1971 - Gravity Prospecting. Moscow, Mir Publishing. 492p.
- SILVA, G. G.; LIMA, M. I. C.; ANDRADE, A. R. F.; ISSLER, R. S. - 1974 - Geologia da Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC. 22 Tocantins. In: Projeto RADAM. Rio de Janeiro, DNPM. V.4.
- SILVA, J. M. R. da - 1980 - Metamorfismo das Rochas Pelíticas do Segmento Setentrional da Faixa de Dobramentos Paraguai-Araguaia. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 21p.
- SILVA, J. M. R. da; HASUI, Y. - 1978 - Evolução Metamórfica do Supergrupo Baixo Araguaia. In: Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, novembro, V.1, p.435-443.
- SILVA, R. M. S.; SÁ, J. H. da S. - 1982 - Feições Geológicas e Magnetométricas da Região do Baixo Araguaia. In: Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém, maio, V.1, p.159-169.
- SOUZA, A. C. C. de - 1984 - Geologia e Petrologia do Extremo Norte da Serra do Estrondo (GO). Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 189p.
- TALWANI, M. - 1965 - Computation with the Help of a Digital Computer of Magnetic Anomalies Caused by Bodies of Arbitrary Shape. Geophysics, 30:797-817.
- TEIXEIRA, N. P. - 1984 - Geologia e Petrologia da Região Central da Serra das Cordilheiras, Goiás. Dissertação de Mestrado. Belém, UFPa/NCGG. 208p.
- TEIXEIRA, N. P.; DALL'AGNOLL, R.; SOUZA, A. C. C. de - 1985 - Petrologia dos Gnáisses do Complexo Colméia - Serra das Cordilheiras (GO). In: Anais do II Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, setembro, V.1, p. 138-158.
- TELFORD, W. M.; GÉLDART, L. P.; SHERIFF, R. E.; KEYS, D. S. -

- 1976 - Applied Geophysics. New York, Cambridge University .
860p.
- WOOLLARD, G. P. - 1969 - Standardzation of Gravity Measurements.
In: Hart, J. P. ed. The Earth's Crust and Upper Mantle. Wa -
shington, American Geophysical Union, p.283-293.
- WOOLLARD, G. P. - 1979 - The New Gravity System - Changes in In
ternational Gravity Base Values and Anomaly Values. Geophy -
sics, 44(8):1352-1366.

5. ANEXOS

ANEXO 1

MAPA DE ANOMALIAS BOUGUER SIMPLES