



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

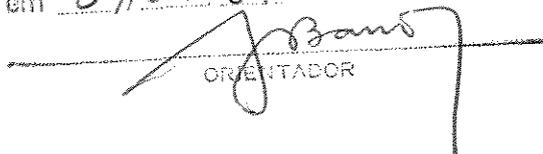
ÁREA : METALOGÊNESE

PAULO ARMANDO DE MOURA

**POTENCIALIDADE MINERAL DA PORÇÃO MÉDIA DO
VALE DO RIBEIRA (SP) PARA MINERALIZAÇÕES
AURÍFERAS, OBTIDA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA - SIG.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Esta dissertação foi aceita e aprovada
reduzida
por Paulo Armando de Moura
o orientador
em 04/04/97


ORIENTADOR

CAMPINAS - SP

ABRIL - 1997

M865p

30556/BC

04/04/97



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ÁREA : METALOGÊNESE

PAULO ARMANDO DE MOURA

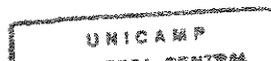
**POTENCIALIDADE MINERAL DA PORÇÃO MÉDIA DO
VALE DO RIBEIRA (SP) PARA MINERALIZAÇÕES
AURÍFERAS, OBTIDA DE UM SISTEMA DE
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG.**

Tese apresentada ao Instituto de Geociências, como
requisitos parcial para obtenção do título de Mestre em
Geociências: área de concentração em Metalogênese.

Orientador: Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva

CAMPINAS - SP

ABRIL - 1997



N.º CHAMADA: 7/UNI.CAMP
M 865p
V. Ex.
TOMBO BC/ 30556
PROC. 281197
C D
PREÇO R\$ 11,00
DATA 24/05/97
N.º CPD

CM-00099466-7

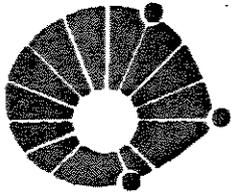
Moura, Paulo Armando

Si57e Potencialidade mineral da porção média do vale do Ribeira (SP) para mineralizações auríferas, obtida de um sistema de informação geográfica - Sig.: área de metalogênese / Paulo Armando de Moura - Campinas, SP: [s.n.], 1997.

Orientador: Ardemírio de Barros Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Sistema de Informação Geográfica (SIG). 2. Processamento Digital de Imagens. 3. Mineralizações Auríferas. I. Silva, Ardemírio Barros. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ÁREA: METALOGÊNESE E GEOQUÍMICA

AUTOR: PAULO ARMANDO DE MOURA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: POTENCIALIDADE MINERAL DA PORÇÃO MÉDIA DO VALE DO RIBEIRA (SP) PARA MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS, OBTIDA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG.

ORIENTADOR: Prof.Dr. Ardemirio de Barros Silva

Aprovada em: 04/04/97

PRESIDENTE: Prof. Dr. Ardemirio de Barros Silva

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Ardemirio de Barros Silva - Orientador

Prof. Dr. Arlei Benedito Macedo

Prof. Dr. Job Jesus Batista

Campinas, de abril de 1997

*O senhor é o pastor que me conduz,
não me falta coisa alguma!
Pelos prados e campinas verdejantes/
ele me leva a descansar.
Preparais à minha frente uma mesa/
bem à vista do inimigo.
Felicidade e todo bem hão de seguir-me
por toda a minha vida*

Salmo 22

i - Agradecimentos

Agradeço inicialmente ao Divino Espírito Santo por ter estado comigo durante toda a fase de programação, elaboração e discussão do trabalho ora desenvolvido.

Agradecimento especial à CPRM-Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, atual Serviço Geológico do Brasil, na pessoa do Chefe do ex-Departamento de Pesquisa e Economia Mineral, Arthur Schulz Junior e do Diretor de Recursos Minerais, Antonio Juarez Millman pela oportunidade e pelo incentivo à execução deste trabalho.

Agradeço ao corpo docente do Departamento de Metalogênese e Geoquímica que aceitou a minha proposta de trabalho e forneceu as críticas necessárias.

Agradeço ao meu orientador pelas discussões e sugestões apresentadas ao trabalho, a fim de torná-lo um documento típico de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Agradecimento aos técnicos da Superintendência Regional de São Paulo da CPRM, principalmente aos geólogos Luis Sguissardi, Claudemir Pessoa, Idio Lopes e ao técnico propector Seiji Oti, pela troca de opiniões sobre a área do projeto.

Agradeço de forma muito especial o companheirismo e o estado de paz transmitido pela minha mulher Márcia, sem a qual não seria possível completar o trabalho em tempo hábil.

Agradeço à Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, na pessoa do Chefe do Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI, Ângelo Pavan e do pessoal de apoio ao projeto Infocar: Carlos, Alberto e Cláudio João, e do Departamento de Informações na pessoa de Olmes, pela presteza e colaboração na preparação dos dados hipsométricos dos fotolitos originais.

Agradeço aos colegas Marcos Paixão, Márcio Ferrari, Paulo Ravacci, pela amizade dispensada ao longo do tempo de convívio na Unicamp, ao pessoal da secretaria de Pós-Graduação do Departamento de Metalogênese e Geoquímica e da Secretaria Geral do Instituto de Geociências da Unicamp, pela paciência e pela colaboração nas horas mais críticas.

Agradeço aos analistas de sistemas Patrícia Cerqueira Leite e Moacir Américo Cornetti pelo desenvolvimento de programas de conversão de dados e colaboração no uso dos *softwares* existentes no Laboratório de Processamento de Imagens Geo-referenciadas (LAPIG) da UNICAMP.

ii - Apresentação

Este trabalho tem por escopo apresentar, descrever e discutir todas as fases da integração dos dados disponíveis numa porção do Vale do Ribeira, região onde a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais executa trabalhos de pesquisa para ouro primário. As etapas serão descritas separadamente com os resultados obtidos em cada uma .

Este trabalho não tem o objetivo de defender idéias, conceitos e muito menos de propor novas interpretações no que tange a evolução geotectônica da área, porém no que se refere aos dados existentes, utilizou-se de uma metodologia onde a aplicação de técnicas de SIG vieram auxiliar nas tomadas de decisão quanto a melhor maneira de se avaliar o potencial das mineralizações auríferas da área.

SUMÁRIO

i . Agradecimentos

ii . Apresentação

iii . Resumo

iv . Abstract

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Histórico	1
1.2 - Objetivo	2
1.3 - Localização e vias de acesso	2
1.4 - Trabalhos anteriores	4
1.5 - Aspectos fisiográficos da área	6

2 - CONTEXTO GEOLÓGICO E TECTÔNICO

2.1 - Geologia regional	8
2.2 - Aspectos tectono-estruturais da área	11
2.3 - Geologia local	12
2.4 - Mineralizações do Vale do Ribeira	
2.4.1 - Considerações Gerais	16
2.4.2 - Mineralizações de ouro	21

3 - GEOQUÍMICA

3.1 - Introdução	24
3.2 - Metodologia usada	25
3.3 - Descrição dos resultados obtidos	29

4 - GEOFÍSICA

4.1 - Introdução	38
4.2 - Metodologia usada	40
4.3 - Descrição dos resultados obtidos	50

5 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS A PARTIR DE UM SIG

5.1 - Considerações preliminares	65
5.2 - Integração dos resultados	70
5.2.1 - Critérios usados na interpretação	85

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

102

7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

104

8 - ANEXOS

a) relatórios estatísticos

b) comandos de *softwares*

LISTA DE FIGURAS, TABELAS, SIGLAS E ABREVIATURAS

A) Figuras

-Capítulo 1

1.1 - Mapa de Localização	3
---------------------------	---

-Capítulo 2

2.1 - Esboço Geológico do Vale do Ribeira	9
---	---

2.2 - Contexto Geológico e Áreas de Pesquisas	13
---	----

2.3 - Mapa Geológico da Área	17
------------------------------	----

-Capítulo 3

3.1 - Mapa da distribuição das amostras de sedimentos Cu,Pb,Zn e As	30
---	----

3.2 - Mapa da distribuição das amostras de sedimentos Ni,Co e Fe	31
--	----

3.3 - Determinação das áreas de anomalias de Cu em sedimento	32
--	----

-Capítulo 4

4.1 - Imagem de 4 bytes do canal de Th gerada pelo ER Mapper	43
--	----

4.2 - Imagem de 4 bytes do canal de U gerada pelo ER Mapper	44
---	----

4.3 - Imagem de 4 bytes do canal de K gerada pelo ER Mapper	45
---	----

4.4 - Imagem de 4 bytes do canal de Contagem total do ER Mapper	46
---	----

4.5 - Imagem de 4 bytes de magnetometria em pseudocolor	47
---	----

4.6 - Imagem de magnetometria c/aplicação de filtro e aumento ã linear	49
--	----

4.7 - Imagens reclassificadas de K,Th e U para anomalias 1ª ordem	51
---	----

4.8 - Imagens reclassificadas de K,Th e U para anomalias 2ª ordem	52
---	----

4.9 - Imagem de 8 bites exportada do ER Mapper c/anomalias positivas	54
--	----

4.10- Imagem da magnetometria da área c/aplicação filtro direcional NE	55
--	----

4.11- Imagem da magnetometria da área c/aplicação filtro direcional NW	56
--	----

4.12- Imagem de susceptibilidade magnética aparente da área	57
---	----

4.13-	Mapa das anomalias radiométricas de 1ª ordem	59
4.14-	Representação espacial das anomalias de K	60
4.15-	Representação espacial anomalias radiométricas de U	61
4.16-	Distribuição espacial anomalias radiométricas de K,Th e geologia	62
4.17-	Representação espacial das anomalias radiométricas de Th	63
	-Capítulo 5	
5.1	- Mapa vetorial da área no formato DXF	72
5.2	- Mapa vetorial da área no formato GRASS	74
5.3	- Mapa resultante conversão do formato vetorial para formato raster	75
5.4	- Mapa do Modelo Digital de Terreno da área	76
5.5	- Mapa das sub-bacias geradas a partir de MDT	78
5.6	- Mapa das bacias anômalas elementos associação Cu,Pb,Zn e Co	82
5.7	- Mapa das bacias anômalas elementos associação Ni,Cu,Co	83
5.8	- Mapa das bacias anômalas elementos associação Cu,Pb,Zn,As	84
5.9	- Mapa de fator geológico	89
5.10-	Mapa de fator geofísico	90
5.11-	Mapa correspondente ao cenário 1 do sub-modelo litológico	92
5.12-	Mapa correspondente ao cenário 2 do sub-modelo litológico	93
5.13-	Mapa correspondente ao cenário 3 do sub-modelo litológico	94
5.14-	Dados estruturais obtidos do PDI geofísica c/zonas de buffer	96
5.15-	Mapa vetorial dos dados estruturais	97
5.16-	Mapa sub-modelo estrutural evidencia fator zona de cisalhamento	98
5.17-	Mapa do sub-modelo estrutural evidenciando o fator fraturas NW	99
5.18-	Mapa de potencial mineral para o sub-modelo litológico	100
5.19-	Mapa de potencial mineral para o modelo lito-estrutural	101

B) Tabelas

-Capítulo 3

3.I -	Quadro Geral das amostras de geoquímica	...26
3.II -	Tabela dos limites de detecção dos 30 elementos padrão de espectrografia	...28
3.III -	Tabela de correlação das amostras de sedimento de corrente do Projeto Eldorado, analisadas por absorção atômica	...33
3.IV -	Tabela de correlação das amostras de sedimento de corrente do Projeto Geoquímica do Vale do Ribeira, analisadas por absorção atômica	...33
3.V -	Tabela de correlação das amostras de sedimento de corrente dos Projetos Pilões, Sudelpa e Geoquímica Vale do Ribeira, analisadas por espectrografia de emissão ótica	...34
3.VI -	Tabela de correlação das amostras de solo do Projeto Ivaporunduva, analisadas por absorção atômica	...35
3.VII -	Tabela das amostras que constituem os arquivos resultantes das associações geoquímicas	...36

-Capítulo 4

4.I -	Tabela dos dados resultantes da interpolação da geofísica	...42
-------	---	-------

-Capítulo 5

5.I -	Tabela dos arquivos gerados após as conversões	...71
5.II -	Quadro geral das amostras de sedimento que possuem anomalias	..80
5.III -	Distribuição das anomalias de cada elemento nas bacias	...81

C) Siglas e Abreviaturas

SIG -	Sistema de Informações Geográficas
CPRM -	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM -	Departamento Nacional da Produção Mineral
CDDI -	Centro de Documentação e Disseminação de Informações
IBGE -	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAPIG -	Laboratório de Processamento de Imagens Geo-referenciadas
SEAG -	Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica da CPRM
VLF -	Very Low Frequency
SIGA -	Sistema de Informações Geológicas da CPRM
STAIRS -	Storage and Information Retrieval System
CMS -	Conversational Monitor System
SIGEOQ -	Sistema de Geoquímica da CPRM
ASCII -	American Standard Code for Information Interchange
IGRF -	International Geomagnetic Reference Field
UTM -	Universal Transversa de Mercator
ER Mapper -	Earth Resource Mapping
GRASS -	Geographic Resource Analysis Support System
I/O -	Input/output
ESRI -	Environmental System Research Institute



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ÁREA: METALOGÊNESE

POTENCIALIDADE MINERAL DA PORÇÃO MÉDIA DO VALE DO RIBEIRA (SP) PARA MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS, OBTIDA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIG.

RESUMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paulo Armando de Moura

A região do Vale do Ribeira é conhecida como uma das principais áreas produtoras de chumbo no país, estando quase todos os depósitos e ocorrências localizados ao longo de faixas carbonáticas metamorfizadas. A muito tempo é conhecido a existência de ouro no vale e somente a partir do início da década de 70, através de trabalhos geoquímicos de cunho regional, foi possível detectar anomalias de Cu, Pb, Zn e daí partir para pesquisas geológicas visando ouro e sulfetos associados.

Tendo em vista inúmeros trabalhos de cunho acadêmico e de projetos de pesquisa mineral no área do Vale, optou-se por realizar a integração de dados geoquímicos, geofísicos e geológicos existentes numa porção do Vale que compreende parte das folhas Braço, Ribeirão do Itacolomi, Mina do Espírito Santo e Iporanga. Utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica (GRASS) para propor uma metodologia na construção de um modelo prospectivo que pudesse auxiliar nas tomadas de decisão quanto determinação de áreas potencialmente favoráveis a conter mineralizações de ouro segundo um modelo pré-concebido.

Inicialmente foi feita a captura dos dados analógicos referentes as cartas planialtimétricas por scanner, sendo posteriormente vetorizados pelo método semi-automático. Os mapas vetoriais no formato DXF foram convertidos para o formato vetor do Grass e depois transformados em formato raster para serem manipulados. A partir do mapa hipsométrico no formato raster gerou-se o modelo digital de terreno e em seguida partiu-se para a construção das sub-bacias de captação. Cada sub-bacia gerada foi associada às amostras consideradas anômalas nos elementos Cu, Pb, Zn, Ni, Co e As que constituem as três associações geoquímicas relacionadas a mineralizações de ouro em zonas de cisalhamento.

Utilizou-se das funções do SIG (combinação booleana, análise de proximidade, análise de vizinhança e análise de região) para realizar uma análise espacial utilizando-se os diversos fatores que constituem os sub-modelos que satisfazem ao modelo pré-concebido. O modelo pré-concebido refere-se ao modelo de decisão que é constituído por vários mapas de fatores (geológico, geoquímico, geofísico e estrutural). O modelo de decisão adotado no presente trabalho é do tipo lito-estrutural, tendo em vista os resultados de pesquisas existentes na área.

No mapa de fator geofísico utilizou-se de dados gamaespectrométricos dos canais K, Th e U, cujas imagens foram reclassificadas em quatro categorias. O mapa de fator estrutural contém zonas de buffer ao longo das zonas de cisalhamento e das fraturas NW. O mapa de fator geoquímico é constituído pelas sub-bacias anômalas nos elementos das associações geoquímicas e o mapa de fator geológico reúne as litologias favoráveis da Fm. Perau e os filitos da Fm. Iporanga.

Cada mapa de fator foi ponderado segundo a sua importância na determinação dos sub-modelos. No sub-modelo litológico foram criados três cenários de acordo com as bacias anômalas. A combinação destes sub-modelos representa o modelo de potencial mineral da área.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ÁREA: METALOGÊNESE

MINERAL POTENTIAL OF THE CENTRAL PORTION OF THE RIBEIRA VALLEY (SP) FOR GOLD MINERALIZATION, BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM - GIS

ABSTRACT

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paulo Armando de Moura

The Ribeira Valley is known as one of the main areas which produces lead in Brazil and its deposits and occurrences are located in metamorphic carbonatic zones. For a long time gold was known to occur in the valley but only at the beginning of the 70s geochemical works were carried out and Cu, Pb, Zn anomalies were found associated to gold and sulfides.

There are many academic studies and mineral exploration projects in the area but the integration of geochemical, geophysical and geological data with the help of a Geographic Information System provides a methodology that should help in a decision making. The decision model used in this work is litho-structural.

The decision model is made up from several maps (geological, geochemical, geophysical and structural). From the gamma spectrometry dataset K, Th and U were used and the images were reclassified into four categories. The structural map was obtained using the buffer zones along shear zones.

The geochemical map is a result of anomalous sub-basins. The geological map represents the favourable lithologies of Perau formation and the phyllites of Iporanga formation, to host gold mineralization.

Each map was weighted by its importance in the determination of submodels. The combination of these submodels represents the mineral potential of the area.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho aborda os procedimentos que constituem verdadeiramente uma metodologia para o emprego de um Sistema de Informações Geográficas - SIG na elaboração de um modelo prospectivo para avaliar o potencial das mineralizações de ouro primário na porção média do Vale do Ribeira. Aqui utilizou-se o GRASS versão 4.1 (1993) que é um sistema desenvolvido pelo US Army Corp of Engineer para planejamento ambiental e gestão de recursos naturais com o objetivo de manipular dados vetoriais e matriciais (raster), banco de dados e emitir relatórios estatísticos. O processamento digital das imagens geradas e/ou importadas do sistema foram tratadas no ER MAPPER versão 5.2 (1996).

1.1 - HISTÓRICO

A região do Vale do Ribeira é tradicionalmente conhecida como uma das áreas produtoras de chumbo no país, estando implantada em Pannels uma infra-estrutura para beneficiamento e metalurgia de chumbo, prata e ouro. Nesta região são conhecidas algumas dezenas de ocorrências e pequenos depósitos de minério de chumbo contendo prata, cobre, zinco e ouro associados, que podem ser agrupados em quatro distritos principais: Pannels, Furnas, Lageado e Ribeirão do Rocha, entre outras. Todos esses depósitos estão vinculados a um controle litológico, localizando-se ao longo das faixas de rochas carbonáticas metamorfizadas.

Desde os tempos coloniais, século XVI, é conhecida a existência de ouro no Vale do Ribeira, cujos vestígios de antigas lavras são ainda encontradas. A atividade de garimpagem restringiu-se, exclusivamente, aos depósitos de aluviões do rio Ribeira de Iguape e seus principais afluentes (Ivaporunduva, Iporanga e Pedro Cubas), onde depósitos de pequeno volume e teores mais ricos foram praticamente esgotados, restando hoje apenas depósitos aluvionares de baixo teor.

O único depósito de ouro primário que foi explorado no Vale do Ribeira é o Morro do Ouro, que segundo dados oficiais da Câmara Municipal de Apiaí, teve o início de sua exploração a partir de 1885, por empresas mineradoras. Em 1942 a mina foi paralisada e essa situação perdura até hoje.

Somente na década de 70, através do reconhecimento regional do Vale do Ribeira realizado pela CPRM, onde obteve-se anomalias significativas de Cu, Pb e Zn, foi que começaram a ser efetuadas pesquisas geológicas visando ouro e sulfetos associados. Destas pesquisas resultaram os depósitos de Piririca e Ivaporunduva, além de uma série de ocorrências, tais como Cavalo Magro e São Pedro.

1.2 - OBJETIVOS

O objetivo principal do projeto consiste em integrar os dados geofísicos, geoquímicos e geológicos, a partir de determinado modelo, visando à avaliação do potencial mineral para ouro associado a metais base em parte do Vale do Ribeira. Pretende-se com isso, estabelecer referências que possibilitem a construção de um modelo prospectivo que auxilie no desenvolvimento e na proposta de metodologias e técnicas de Sistemas de Informações Geográficas, a serem adotadas nos projetos de pesquisa mineral.

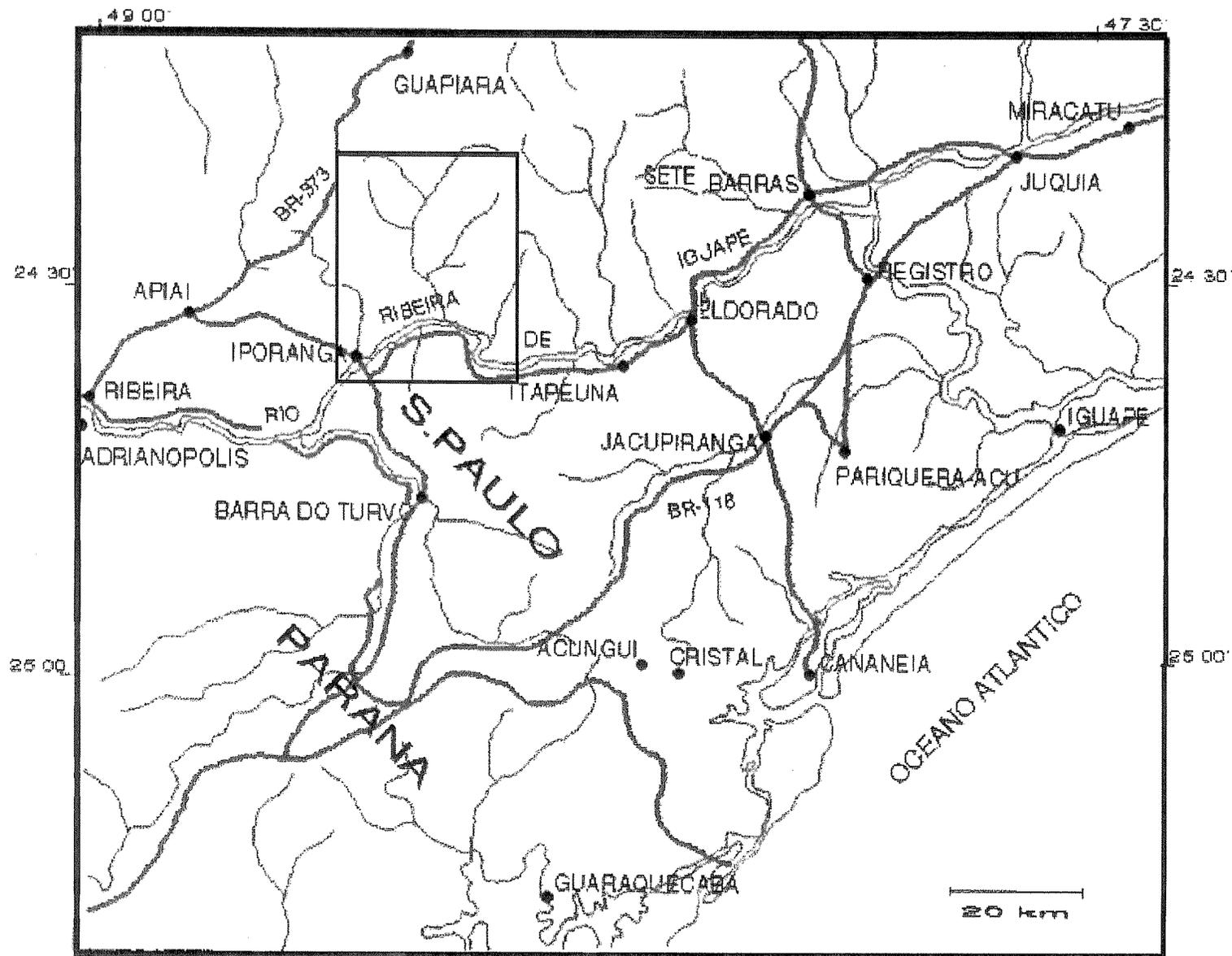
1.3 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A região do Vale do Ribeira corresponde aos terrenos situados ao longo da bacia do rio Ribeira de Iguape, localizada entre o extremo sul paulista e o leste paranaense.

A área em estudo situa-se no município de Iporanga, no extremo sul do Estado de São Paulo, região limítrofe com o Estado do Paraná, localizando-se nas folhas topográficas SG.22-X-B-II-4 (Mina do Espírito Santo), SG.22-X-B-III-3 (Ribeirão Itacolomi), SB.22-X-B-V-2 (Iporanga) e SG.22-X-B-VI-1 (Braço), entre as coordenadas de 24° 20' a 24° 35' de latitude sul e 48° 20' a 48° 35' de longitude oeste de Greenwich (Fig.1.1).

Uma das vias de acesso é a rodovia BR-116 que liga a cidade de São Paulo à Curitiba, perfazendo 217 km até a cidade de Jacupiranga, prosseguindo-se por via asfaltada até a cidade de Eldorado Paulista, num percurso de 25 km. A partir desta, segue-se por estrada estadual (SP-165) até a cidade de Iporanga, percorrendo-se 72 km. Esta última rodovia serve como principal acesso à área.

A área também pode ser atingida pelas rodovias Castelo Branco e Raposo Tavares, trajeto São Paulo-Apiaí, em um percurso asfaltado de 320 km. A partir da cidade de Apiaí, segue-se 40 km até a cidade de Iporanga e em seguida 25 km até a área.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO

Fig. 1.1

1.4 - TRABALHOS ANTERIORES

Muitos foram os projetos de pesquisa mineral e trabalhos de cunho acadêmico realizados em todo o Vale do Ribeira. Neste trabalho serão reportados apenas aqueles que foram dirigidos diretamente para a área de estudo.

O projeto Geoquímica no Vale do Ribeira executado em 1978 pela CPRM (Morgental et alii, 1978), teve como objetivo a prospecção de cobre, chumbo e zinco nos limites dos estados de São Paulo e Paraná cobrindo cerca de 11.200 km². Consistiu de uma prospecção geoquímica semi-regional e de detalhe, através da amostragem e análise de sedimentos de corrente (3700 amostras) distribuídas por três etapas: estudo orientativo, geoquímica regional e *follow-up*.

Na campanha de geoquímica regional a densidade média obtida foi de 1 amostra/6,27km² e as amostras foram preparadas a granulometria inferior a 80 mesh e dosadas para Cu, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Fe e Mn por espectrofotometria de absorção atômica e as amostras de concentrado de bateria foram analisadas para Cu, Pb, Zn e Au tanto por absorção atômica quanto por espectrografia de emissão ótica. Os dados foram tratados estatisticamente, usando-se o SEAG - Sistema Estatístico de Amostragem Geoquímica desenvolvido pela CPRM objetivando conhecer a distribuição destes elementos na área.

O Projeto Integração e Detalhe Geológico no Vale do Ribeira, executado pela CPRM (Silva et alii, 1981), teve seu relatório final apresentado ao Departamento Nacional da Produção Mineral em 1982, contendo a integração geológica regional de uma área de 39.000 km² numa escala de 1:100.000 cobrindo todo o Vale do Ribeira e adjacências, principalmente a região pré-Cambriana do sul-sudeste do estado de São Paulo e leste do estado do Paraná. Foi executado mapeamento geológico de semi-detalhe com ênfase na estratigrafia e geologia estrutural em duas áreas mineralizadas a chumbo, em Ribeirão do Rocha com 160 km² e Ribeirão do Perau com 145 km², além das minas de Paqueiro, Barrinha e Água Clara. O relatório em si descreve todas as unidades litoestratigráficas mapeadas no Vale do Ribeira e apresenta uma tentativa de interpretação e sua evolução geotectônica desde o Arqueano até o Cenozóico.

O Projeto Eldorado executado pela CPRM (Pinto et alii, 1982) resultou, basicamente, dos dados obtidos pelo Projeto Sudelpa (1975), onde através do reconhecimento geoquímico regional do Vale do Ribeira obteve-se anomalias significantes de

Cu, Pb, Zn e subordinadamente, Co e Ni. Através de um trabalho pioneiro de pesquisa, chegou-se a detectar a presença de mineralizações sulfetadas epigenéticas de Pb e Ag, além de Cu, Zn, Sb, Bi e Cd nas áreas posicionadas ao sul do projeto, bem como mineralizações de Pb e Zn, possivelmente associadas a um ambiente vulcanogênico na área norte.

Executou-se um mapeamento geológico na escala 1:25.000, acompanhado de uma prospecção geoquímica através de sedimentos de corrente (2,5 amostra por km²) e trabalhos de geofísica preliminar de magnetometria e “very low frequency” (V.L.F.) Os resultados desta fase evidenciaram cinco alvos para dar continuidade a pesquisa e que pelos resultados geoquímicos demonstraram potencialidade para conter mineralizações sulfetadas.

Nestes alvos restritos adotou-se uma metodologia objetiva de pesquisa com a finalidade de se detectar mineralizações a partir de um mapeamento geológico de detalhe (1:10.000) ao longo das drenagens, acompanhado de *follow-up* com sedimentos de corrente. Esta técnica propiciou a descoberta de algumas mineralizações (alvos), bem como delineou áreas mais favoráveis a novas mineralizações, as quais foram estudadas através da execução de geoquímica de solo, geofísica (magnetometria e Kappametria) e escavações. Nestes alvos executou-se um mapeamento geológico de detalhe (1:5.000), acompanhado de um intenso programa de escavações, propiciando a descoberta de várias mineralizações sulfetadas na forma de filões silicosos ou faixas disseminadas que foram amostradas através de abertura de canais.

No alvo localizado ao norte, a conjunção dos trabalhos de geologia, executados ao longo das drenagens, geoquímica através de amostragens de solo e sedimentos de corrente e da geofísica (magnetometria e kappametria) revelaram a presença de uma formação ferrífera bandada contendo elevados teores de Pb e Zn.

BRANCO, (1993) descreve uma metodologia para elaboração de um modelo prospectivo regional para ouro na região do Vale do Ribeira, dentro de uma filosofia de SIG. A área escolhida foi no médio Vale do Ribeira, entre o extremo sul paulista e o leste paranaense, balizada pelas coordenadas UTME 740000 a 796000 e UTMN 7272000 a 7322000. Os procedimentos utilizados nesse trabalho envolveram captura, conversão, análise e modelagem de dados.

A análise dos dados foi dividida em duas etapas: a primeira compreendendo a crítica, consistência e interpretação preliminar a nível regional e a segunda

representada pela análise quantitativa/espacial de dados e a modelagem propriamente dita. Na modelagem foram utilizados dados geológico-estruturais, metalogenéticos, geoquímicos e geofísicos.

A assinatura geofísica das unidades cartografadas no mapa geológico foi construída através da reclassificação dos mapas de contagem total, uranio, tório, potássio e susceptibilidade magnética aparente em novos mapas com 32 classes com intervalos entre a média -3 desvios padrão e média +3 desvios-padrão. Através do cruzamento desses novos mapas com o mapa geológico foram geradas tabelas de contigência. O método estatístico escolhido para a construção do modelo prospectivo regional geoquímico foi a Análise de Discriminância.

A construção do modelo prospectivo regional para ouro na área de estudo foi embasada principalmente nos dados geoquímicos. As modelagens efetuadas com os dados geofísicos e geológicos serviram para aprimorar o modelo principal. Na aplicação do modelo final na seleção de áreas potenciais, utilizou-se do método de Análise de Características (Botbol, 1971 e Botbol et alii, 1978) para sua priorização.

1.5 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA

A bacia do rio Ribeira do Iguape apresenta na sua totalidade um clima sub-tropical úmido, sem estação seca. A diferença de altitude condiciona variações climáticas locais, podendo haver regiões que apresentam altitudes superiores a 1000m, situando-se portanto no domínio climático mesotérmico brando, superúmido, com sub-seca, caracterizado por apresentar temperatura média anual em torno de 18°C segundo a classificação proposta por Nimer, (1977) para as regiões sul e sudeste do Brasil.

A alta pluviosidade, aliada ao grau de umidade elevado, propiciou a formação de uma vegetação que se destaca na área como uma mata-pluvial tropical que ocorre na Serra do Mar e litoral, estendendo-se para o Primeiro Planalto Paranaense, acompanhando os vales do rio Ribeira do Iguape e seus afluentes.

O vale do rio Ribeira de Iguape compreende, segundo Ramalho e Hausen, (1975), quatro unidades morfológicas: planalto de Paranapiacaba/Itatins/Serra do

Mar, baixada litorânea, região pré-serrana e maciços montanhosos isolados, das quais somente a primeira delas encontra-se nos limites da área estudada. Esta unidade é caracterizada por vertentes de forte declividade e extensas superfícies de cumieira, o que torna o rio Ribeira um rio típico de planalto, tendo um curso acidentado e abrindo profundos vales em V. Já a jusante da cidade de Iporanga, onde as cotas estão em torno de 60 m, o gradiente se suaviza e o rio passa a ser típico de planície.

O condicionamento da rede de drenagem é fortemente influenciado pelo estruturamento regional para NE, e também pelos grandes traços tectônicos, representados por falhamentos e fraturamentos com idêntica direção. Nas drenagens de 3ª e 4ª ordem, pode-se notar a influência dos fraturamentos preenchidos por diques de diabásio, orientando essas drenagens para a direção NW. A bacia do rio dos Pilões, principal afluente pela margem esquerda, drena metassedimentos siltico-argilosos, metabasitos e granitos apresentando um padrão retangular de drenagem com o rio principal orientado segundo NE

A intensa precipitação pluviométrica registrada na área, propicia a ação de um forte intemperismo, provocando uma profunda alteração nas rochas, acarretando a formação de latossolos com espessura em torno de 3 metros. Por outro lado, a topografia acentuada forma encostas íngremes onde o solo sofre constantes deslizamentos originando litossolos ou solos muito rasos.

A grande variedade litológica confere características particulares aos solos na região dos xistos, gnaisses e migmatitos, onde o solo é bastante espesso, argiloso ou areno-argiloso de cor avermelhada ou rosada. Na região dos quartzitos forma-se um litossolo muito raso, arenoso de cor clara. Solos profundos, argilosos a fracamente argilosos, cinza amarelados a cinza avermelhados, são encontrados onde há predominância de rochas metassedimentares siltico-argilosas. Como alteração dos mármores e epicalcários, tem-se um solo também argiloso, de cor parda avermelhada a cinza muito escuro, apresentando os horizontes A e B pouco desenvolvidos. Os granitos geralmente dão latossolos profundos, avermelhados, argilo-arenosos, por vezes com inúmeros grãos róseos de feldspato potássico pouco alterado, imersos em matriz argilo-arenosa.

CAPÍTULO 2 - CONTEXTO GEOLÓGICO E TECTÔNICO

2.1 - GEOLOGIA REGIONAL

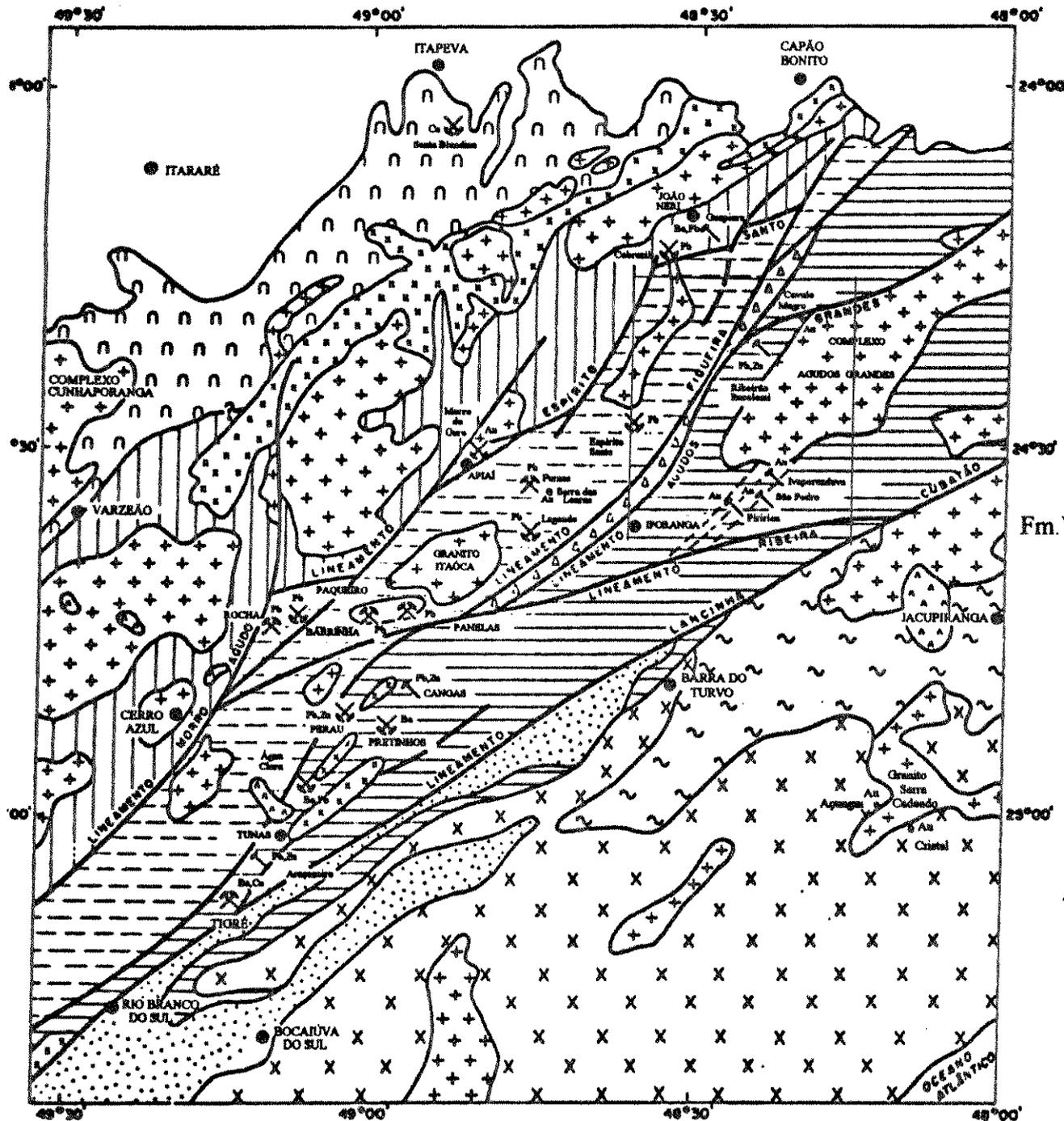
No tocante à estratigrafia regional, a existência de no mínimo 25 colunas estratigráficas é uma mostra da complexidade e diversidade de opiniões sobre a geologia do Vale do Ribeira. Todas as colunas propostas contribuíram para o estabelecimento de novos parâmetros acerca das unidades litoestratigráficas das regiões sul paulista e leste paranaense, não se chegando contudo a um ponto comum.

Por outro lado, a confecção de mapa integrado atualizado na escala 1:250.000 do Escudo Cristalino Paranaense (Biondi, 1983) e a realização de mapeamento sistemático de semi-detelhe, como o realizado pelo MMJA/JICA (Daixt et alii, 1983) e os do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (Campanha et alii, 1983) e da CPRM (Takahashi et alii, 1984; Theodorovicz et alii, 1986) para o Pró-Minério, tornaram possíveis novas tentativas de sínteses regionais e correlações estratigráficas, como as propostas por Chiodi Filho, (1984) e Hasui, (1986).

O estabelecimento de unidades estratigráficas, bem como a própria noção de estratigrafia em terrenos pré-Cambrianos complexos como os do Vale do Ribeira, tem se mostrado muito problemática e está basicamente relacionada à caracterização de uma cronologia (absoluta e relativa), de eventos que tenham conduzido a sua evolução (Chiodi Filho, 1984).

O presente trabalho adota a terminologia do modelo geológico do Vale do Ribeira proposta por (Hasui, 1986) para as rochas de médio a alto grau metamórfico, componentes da infra-estrutura desenvolvida do Arqueano ao Proterozóico Inferior. Este autor denomina de Complexo Costeiro os terrenos gnáissico- migmatíticos aflorantes à SE do Lineamento Lancinha e de Complexo Apiaí-Mirim os ortognaisses, em parte migmatizados, contendo enclaves e intercalações de supracrustais aflorantes a NW deste lineamento.

As rochas supracrustais pré-Cambrianas são divididas em Grupo Setuva (Ebert, 1971), desenvolvido no Proterozóico Médio e Grupo Açungui (Marini et alii, 1967), tido como formado no Proterozóico Superior, sendo aceitas as subdivisões propostas por (Chiodi Filho, 1984) com restrições, já que por características ambientais e tectônicas, a Formação Itaiacoca, assemelha-se mais ao Grupo Açungui.(Fig.2.1)



CONVENÇÕES

MESOZÓICO



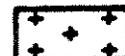
Intrusões alcalinas

PALEOZÓICO



Rochas da Bacia do Paraná

PROTEROZÓICO SUPERIOR - EO-PALEOZÓICO

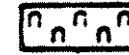
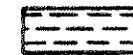


Rochas granitoides

PROTEROZÓICO SUPERIOR

GRUPO AÇUNGUI

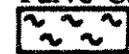
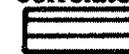
Fm. Votuverava Fm. Iporanga Fm. Capiru Fm. Itaiacoca



PROTEROZÓICO MÉDIO

GRUPO SETUVA

Fm. Água Clara Fm. Perau e correlatos Sequência Turvo-Cajati



ARQUEANO - PROTEROZÓICO INFERIOR



— Contatos

⊗ Mina em atividade

⊗ Mina paralisada

⊗ Depósito Mineral

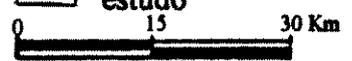
*Au Ocorrências

--- Faixa de cisalhamento
Piririca

● Cidade

— Lineamentos

□ Área de estudo



(Modif. de CHIODI FILHO, 1984)

ESBOÇO GEOLÓGICO DO VALE DO RIBEIRA

O Grupo Setuva é constituído por uma sequência metavulcanosedimentar de baixo a médio grau metamórfico, formada por sedimentos de águas rasas a profundas, com intensas intercalações de rochas vulcânicas a subvulcânicas básica a intermediária de fundo oceânico. Este grupo é subdividido em Formação Perau (quartzitos, carbonatos, xistos clásticos, metabasitos, rochas vulcânicas e vulcanoclásticas, além de formações ferríferas) e Formação Água Clara (metacalcarenitos, metacalcários calcíticos e dolomíticos, rochas calciosilicáticas, calcio-xistos, metacherts, formações ferríferas e anfibolitos). Além destas litologias, também é incluída no Grupo Setuva, a Sequência Turvo Cajati (Silva et alii, 1981), composta por migmatitos predominantemente estromáticos, gnaisses bandados, xistos variados, quartzitos, rochas metacalciosilicáticas, mármore, metarcóseos, metagrauvacas, metasiltitos, metabasitos e metaultrabasitos.

O Grupo Açungui é composto pelas Formações Capiru, Votuverava e correlatos (Formações Itaiacoca e Iporanga). Corresponde a uma sequência de plataforma de águas rasas e litorânea, com alternância de pacotes carbonáticos, psamíticos e pelíticos. A algum tempo, vem sendo identificado intenso vulcanismo associado à Formação Itaiacoca (Trein et alii, 1985 e Theodorovicz et alii, 1986). Na região de Abapã (PR) ocorrem metabasaltos, metabasaltos andesíticos, metandesitos, metadacitos e metariolitos (Trein et alii, *op cit*). Já na região de Ribeirão Branco do Sul afloram diversos tipos ígneos e vulcanosedimentares, caracterizando uma sequência bimodal, derivada de magma alcalino no campo dos basaltos toleíticos oceânicos (Theodorovicz et alii, *op cit*).

Além das sequências supracrustais pré-Cambrianas, ocorrem vários corpos de granitóides gerados durante o Proterozóico Superior ao Eo-paleozóico, respectivamente sintectônicos e tardi-tectônicos.

Os sedimentos da Bacia do Paraná, não individualizados em mapa, são representados pela Formação Furnas (arenitos quartzosos, arenitos feldspáticos e subordinadamente arenitos conglomeráticos e siltitos) do Devoniano e Formação Itararé do Permo-carbonífero (arenitos de granulações variadas, diamictitos, argilitos, siltitos e folhelhos).

Enxames de diques básicos (diabásios e gabros) orientados na direção NW, representantes do magmatismo fissural relacionados à reativação da Plataforma Brasileira no Mesozóico, encontram forte expressão na região. Concentram-se em dois feixes, associados ao Lineamento de Guapiara e ao Arco de Ponta Grossa.

Ocorrem na região alguns maciços intrusivos de rochas alcalinas mesozóicas, destacando-se o de Jacupiranga (piroxenitos, nefelina sienitos, ijolitos e carbonatitos) e o de Tunas (sienitos, alcali-sienitos, pulaskitos, nordmarkitos, gabros alcalinos e brechas).

Associado à calha do rio Ribeira de Iguape e seus principais afluentes ocorrem terraços formados por cascalheiras com blocos, matacões e bancos de areia grossa correlacionados à Formação Pariquera-Açu, assim como depósitos aluvionares atuais compostos por areias de granulações variadas, cascalhos, siltes e argilas.

2.2 - ASPECTOS TECTONO-ESTRUTURAIS DA ÁREA

Em termos estruturais, a região é frequentemente caracterizada por diversos autores como sendo de caráter policíclico, usando-se comumente fases deformacionais para individualização de unidades, sendo as zonas de cisalhamento transcorrentes tratadas à parte e geralmente não correlacionadas aos eventos deformacionais.

Segundo Ebert et alii, (1988), a análise conjunta de elementos geométricos e cinemáticos revela três processos deformacionais principais, produtos de uma mesma fase progressiva e não indicadores de inúmeras fases deformativas, sem expressividade na evolução tectônica da região.

A deformação D1, segundo esse autor, foi a principal geradora das estruturas penetrativas, principalmente a foliação metamórfica S1 (X // NE, Y // NW e Z vertical), relacionada à deformação tangencial (cavalgamento oblíquo) para N ou NW do bloco Vitória (porção SE do Lineamento Lancinha) sobre o bloco São Paulo (NW do Lineamento Lancinha) definidos por Haraly e Hasui, (1982), como sendo a zona de sutura marcada pelo Lineamento Lancinha.

Esta tectônica convergente parece ter sido gradativamente substituída por processos compressivos que geraram os mega antifomes regionais com planos empinados (X2 //NE, Y2 vertical e Z2 // NW). A contínua atuação ou uma posterior reativação de grandes esforços crustais requer um reajuste das tensões secundárias. A deformação D3, transpressiva, absorveu os esforços regionais através de rotação, deformação

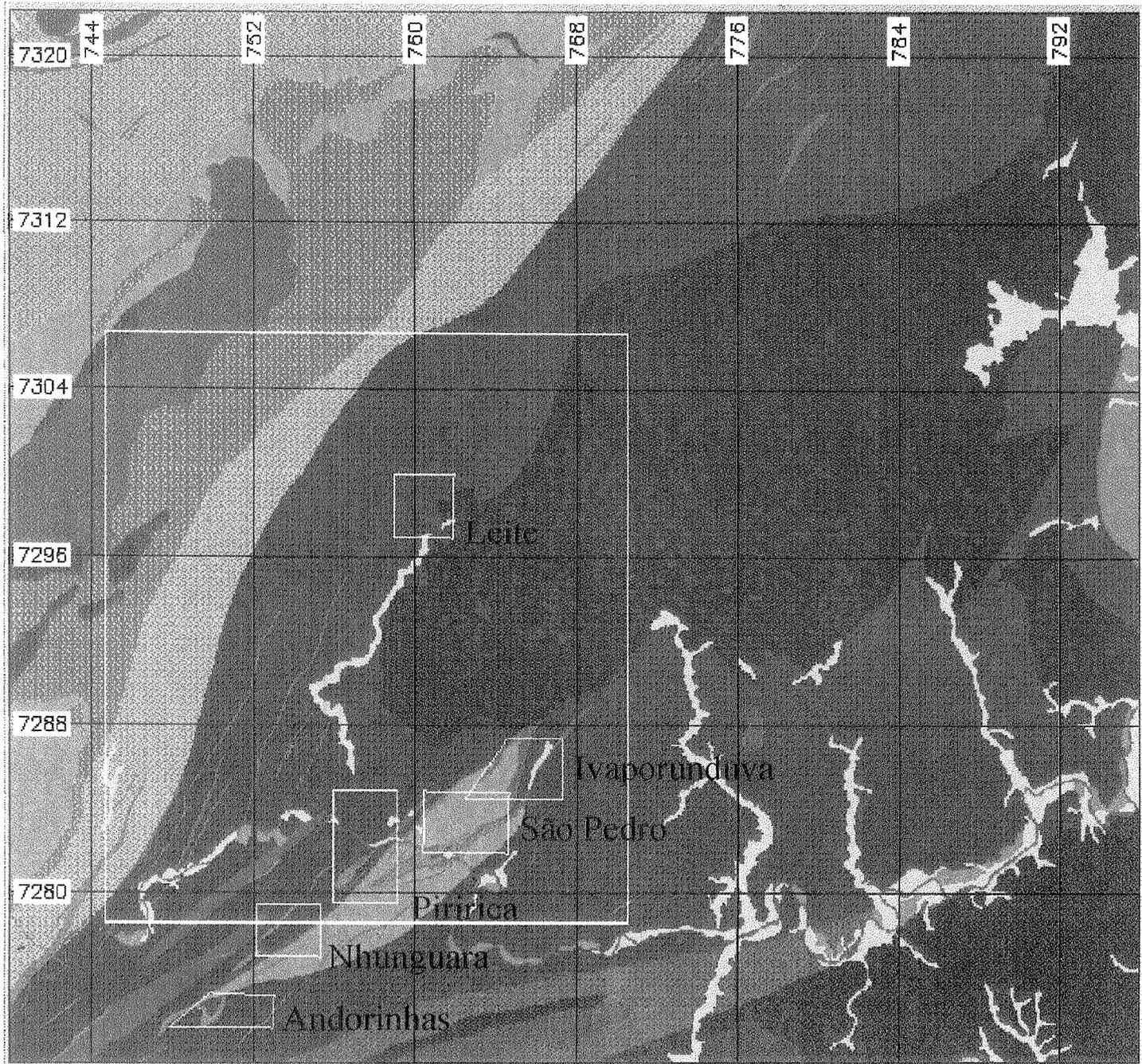
e dobramento de estruturas pré-existentes ao longo de zonas de cisalhamento dúctil de alto ângulo, transcorrentes, com elipsóides de deformação semelhantes a D2. Esta deformação afetou, além dos Complexos Costeiro, Apiaí Mirim e Grupo Setuva, os litótipos do Grupo Açungui.

Os modelos tectônicos já aventados para explicar a evolução geológica pré-Cambriana da região sul paulista e leste paranaense abarcaram desde uma evolução geossinclinal clássica, modelos de abertura oceânica restrita e posterior colisão continental, aulacógenos, megazonas de cisalhamento dúctil Arqueana com rifteamento Proterozóico e subducção de crosta oceânica com posterior colisão. Segundo Campanha, (1987) a diversidade dos modelos propostos, bem como as contradições quanto à interpretação das idades, paleoambiente e deformação das unidades regionais, mostram que os modelos de evolução tectônica propostos ainda são de caráter extremamente hipotéticos e especulativos. Ressentem-se obviamente de dados geofísicos, petroquímicos, radiométricos e, mais grave ainda, de dados geológicos.

2.3 - GEOLOGIA LOCAL

Neste capítulo será dada ênfase aos resultados obtidos pelo Projeto Eldorado, executado pela CPRM, onde foram estudados em diferentes graus de detalhamento, quatro alvos de pesquisa que se encontram dentro da área de estudo. (Fig.2.2)

No alvo Leite, localizado ao norte da área de estudo, ocorrem rochas pré-Cambrianas pertencentes ao Grupo Açungui, Eo-paleozóicas ácidas e diques de diabásio de idade Juro-cretácea. O Grupo Açungui é representado por rochas de baixo grau metamórfico (fácies xisto-verde) incluindo ardósias, filitos, metasiltitos, ardósias calcíferas, mármore e sericita-xistos. Também estão englobados no grupo os corpos de metabasitos e de formações ferríferas bandadas. Não se tem posições stratigráficas definidas para essas rochas.



CONTEXTO GEOLÓGICO E ÁREAS DE PESQUISA

- ### CONVENÇÕES
- CENOZÓICO**
- QUATERNÁRIO-Holoceno
 - QHa - Aluviões
 - QUATERNÁRIO-PLEISTOCENO
 - QPP - Fm. Pariquera-Açu
- MESOZÓICO**
- CRETÁCEO**
- Kn - R. intr. alcalina
 - Kp - R. intr. ultramáfica
- JURÁSSICO-CRETÁCEO**
- PKbdi - Diques básicos (gabros)
- PROTEROZÓICO SUP/EO-CAMBRIANO**
- SUÍTE INTRUSIVA SIN A TARDI-TECTÔNICA
- granitos tipo A a qtz-sienitos
- Gr. Barra Braço
 - Gr. Pedro Cubas
 - Gr. Espírito Santo
 - biotita-granito porfiróide a qtz-monzonito
 - Gr. Três Córregos
 - Gr. Agudos Grandes
- PROTEROZÓICO MÉDIO A SUPERIOR**
- SUB-GRUPO LAGEADO
- PMSlc
 - PMSlmt
 - PMSl
 - Fm. IPORANGA
 - PMSif
 - PMSin
 - Fm. PERAU
 - PMSpf
 - PMSpfc
 - PMSpcf
 - PMSp
 - PMSpb
 - PMSpff
 - PMSpmc
 - PMSp
 - Fm. ÁGUA CLARA
 - PMSaccx
 - PMSacl
 - SEQ. ANDORINHAS
 - PMSam
 - PMSaf
 - PMSa
 - SEQ. TURVO-CAJATI
 - PMStm
- ARQUEANO/PROTEROZÓICO INFERIOR**

Os sedimentos terrígenos foram genericamente denominados de metapelitos e compreendem as variedades de ardósia, filito, metassiltito e sericita-xisto. Na porção norte do alvo foram observadas ardósias pretas carbonosas e identificado um filito semi-alterado de cor róseo-avermelhado, fortemente impregnado de óxido de ferro, mostrando-se por vezes levemente magnético. Esse filito geralmente acompanha as formações ferríferas, comportando-se como uma camada guia para a determinação dos BIF's, sugerindo inclusive uma possível intercalação com os mesmos, principalmente quando apresenta magnetismo. Neste mesmo conjunto litológico inserem-se variedades de rochas calcio-pelíticas, englobando ardósias calcíferas, metapelitos calcíferos e raramente mármore, que não foram individualizados no mapeamento por não terem sido observados os contatos de campo entre estes litótipos.

As rochas metabásicas são compostas essencialmente por tremolita-actinolita e clorita, com grande quantidade de epidoto. Elas ocorrem como corpos lentiformes concordantes com a estruturação geral das rochas metapelíticas.

As formações ferríferas dispõem-se de modo concordante com a sequência dobrada, supondo-se que tenham continuidade lateral para E e W, bem como na direção NE ultrapassando os limites do alvo, conforme demonstram os dados de magnetometria. As análises calcográficas revelaram a presença de magnetita, hematita, galena, calcopirita e material limonítico sendo que, na maioria das seções polidas, a magnetita se destaca. Ocorre processo de alteração para hematita. Ainda na magnetita ocorrem inclusões de pequenos cristais brancos de refletividade bem maior, correspondendo a galena e raros cristais irregulares de calcopirita.

Foi detectada a presença de rochas graníticas em três locais distintos no alvo. São corpos aparentemente de pequena dimensão, de natureza diqueforme, de cor clara, maciço, de grã fina a média, pontilhado de minúsculos cristais escuros e grãos de quartzo bastante cataclásado.

Embora individualizado, o quadro geológico dos alvos da faixa sul (Nhanguara, Andorinha, Piririca, São Pedro e Ivaporunduva) é único, fazendo parte de um mesmo contexto geológico, separados apenas por divisores d'água. As litologias do Grupo Açungui são representadas aqui por rochas de baixo grau de metamorfismo no facies xisto verde: metapsamitos (quartzito, muscovita-quartzito e metassiltito), metapelitos (ardósia, metarritmitos e filitos), metapelitos carbonáticos, (ardósia calcífera, metamarga, dolomito argiloso e calcário pelítico epimetamórfico). Os corpos alongados de rochas metabásicas a intermediárias posicionam-se concordantes com a foliação regional, definidos nos alvos de São Pedro e Piririca e com importante conotação metalogenética. Esses corpos tem continuidade assegurada para o sul, prolongando-se nos alvos Nhanguara e Andorinha.

As rochas cataclásticas, representadas por brechas, filonitos e milonitos, ocorrem associadas aos falhamentos regionais e frequentemente associam-se à presença de quartzo leitoso, localmente sulfetado.

Enquadram-se no âmbito das rochas genericamente denominadas de metabasitos: metagabros e metadiabásios, que é uma variedade hipoabissal (dique ou sill) das rochas básicas toleíticas, metamorfizadas. São descritas rochas magmáticas de composição básica: limburgito, diorito, ankaramito; todavia, são ocorrências pontuais e restritas aos leitos das drenagens.

Rochas de composição ácida, de filiação provavelmente ígnea, foram descritas em lâminas como sendo pórfiro vulcânico (alterado) e quartzo-pórfiro. O pórfiro vulcânico é constituído essencialmente por plagioclásios alterados e finos agregados de carbonato de alteração, além de óxido de ferro, material argiloso, clorita e opacos. As rochas descritas como quartzo-pórfiro apresentam fenocristais tabulares de ortoclásio, de plagioclásio e quartzo euédrico exibindo figuras de corrosão. A matriz é micro felsítica rica em ortoclásio e quartzo, sendo frequente a presença de sericita. Como acessórios ocorrem cristais hexagonais de apatita incolor, zircão euédrico, granada rósea e grão de opacos.

As rochas com participação clastoquímica ou química foram separadas do grupo de metapelitos com participação eminentemente terrígena, na tentativa de se reconstituir o ambiente primário de sedimentação. Os dados disponíveis sugerem um ambiente de sedimentação de águas pouco profundas (bordas de bacias), ocorrendo paleo-depressões isoladas com ambiente predominantemente redutor, marcado pela presença de metapelitos carbonosos. Todavia, existem problemas a serem resolvidos quanto ao comportamento estrutural e estratigráfico do pacote metasedimentar. (Pinto et alii, 1982)

Branco, (1993) apresenta um mapa na escala 1:50.000 resultante da integração de vários trabalhos realizados em diferentes escalas, sendo alguns comentados no sub-ítem 2.1. Neste caso, o autor não subdivide todo o pacote metavulcanosedimentar em Grupo Setuva e Açungui, posicionando-o no intervalo do Proterozóico Médio ao Superior (Fig. 2.3). Este mapa contendo 17 unidades estratigráficas cujas áreas estão no Anexo A1 foi tomado como mapa temático (geologia) para efeito da construção do mapa de fator litológico e posteriormente usado na elaboração do modelo de decisão, que será descrito oportunamente.

2.4 - MINERALIZAÇÕES NO VALE DO RIBEIRA

2.4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

A província metalogenética do Vale do Ribeira é considerada uma das regiões mais promissoras dentro da Plataforma Sulamericana no tocante à descoberta de novos depósitos econômicos de bens metálicos (Pb, Ag, Zn, Cu e Au). Independente do volume de trabalhos existentes sobre a área, ainda não está totalmente definida a metalogênese da região, havendo a possibilidade de descoberta de novos jazimentos, principalmente vinculados à sequência clástica, tendo em vista os excelentes resultados geoquímicos detectados nesta sequência.

CONVENÇÕES

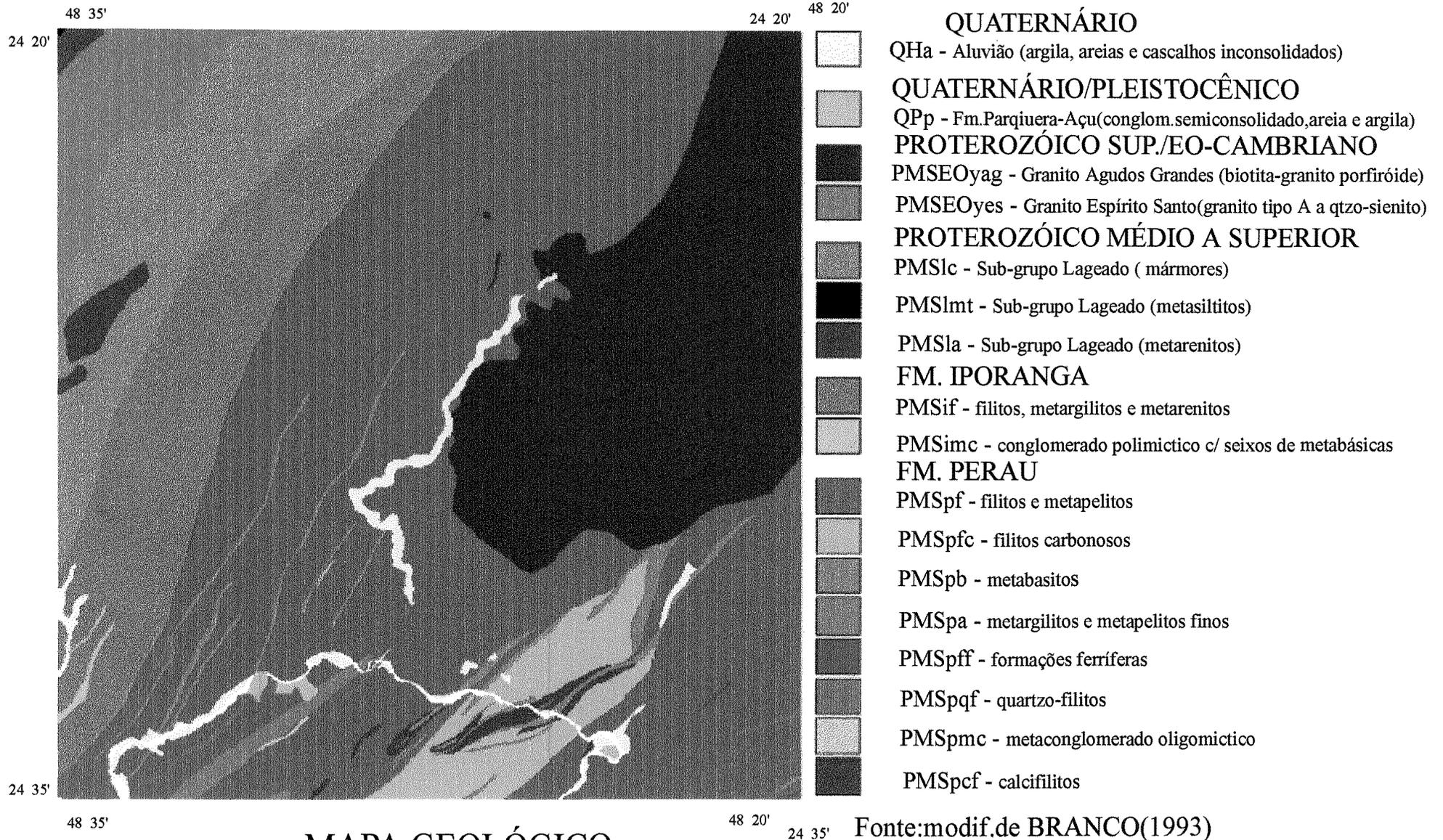


Fig. 2.3

Ao nível atual de conhecimentos o chumbo é o principal bem mineral metálico da área do Vale do Ribeira, ocorrendo associado à prata, zinco, cobre e ouro ao longo das faixas carbonáticas do Ribeirão do Rocha, Ribeira, Panelas, Furnas, Lajeado e Espírito Santo, entre outras, ou associado à cobre, prata, bário e zinco em anfibólio-xistos, anfibolitos, grafita-xistos, calcioxistos, calciosilicáticas e quartzitos, como observado na mina do Perau.

Até pouco tempo, as mineralizações de chumbo e metais associados eram vinculadas pelos diversos autores somente às faixas carbonáticas e pelito-carbonáticas, ocorrendo principalmente na forma de veeiros a partir da remobilização de mineralizações singenéticas e posterior concentração.

Com a descoberta do jazimento de natureza sedimentar-metamórfico e de caráter estratiforme de Perau, em uma sequência psamítica-pelítica a pelito-carbonática, com possível participação vulcânica, bem como os resultados expressivos para chumbo, cobre e zinco em sedimentos de corrente encontrados na sequência predominantemente pelítica do Grupo Açungui, aumentaram as perspectivas de descoberta de novas concentrações econômicas desses metais.

Desta forma, ao nível do conhecimento atual, pode-se considerar dois tipos principais de jazimentos para chumbo e metais associados no Vale do Ribeira. O primeiro tipo conhecido é o veeiro, que ocorre predominantemente na sequência carbonática, onde os epicalcários direcionados segundo NE/SE, estão preenchidos por veeiros, em grande parte concordantes com as camadas, podendo também ocorrer filões transversais. A mineralização é considerada epigenética.

A paragênese é classificada como sendo de meso a hipotermal, sendo constituída principalmente por arsenopirita, pirita, pirrotita, blenda, galena argentífera, calcopirita, calcosina, covelita e estibinita. Os processos supérgenos tiveram grande importância neste tipo de depósito, desenvolvendo espessas zonas de oxidação, onde ocorrem os seguintes minerais secundários: limonita, calamina, hidrozincita, cerussita, anglesita, piromorfita, fosgenita, estroncianita, vanadinita, malaquita, azurita, melanterita e óxidos

diversos. O quartzo e a calcita são os principais minerais de ganga, ocorrendo secundariamente fluorita.

Este tipo de jazimento é o mais comum no Vale do Ribeira, onde são conhecidas cerca de 130 ocorrências, destacando-se as de Panelas, Ribeirão do Rocha, Paqueiro, Barrinha, Furnas, Lajeado, Bairro do Serra e Espírito Santo.

O segundo tipo é o estratiforme sedimentar-metamórfico, podendo enquadrar-se nesse tipo a jazida de Perau, onde sobre um pacote de quartzitos mergulhando 30°/40°NW (flanco de dobra), repousa um pacote de rochas formado, a partir da base, por calcioxistos, grafita-xistos, anfibolitos e quartzo-mica-anfibólio-xistos, com espessura aproximada de 135 metros (profundidade de sondagem), contendo uma camada concordante de minério à base de oxidados de chumbo, galena, prata nativa e barita. Regionalmente, níveis de quartzito fecham a sequência.

Segundo Algarte, (1976), a constatação do tipo sedimentar-metamórfico-estratiforme para os jazimentos tipo Perau permite extrapolações para outras ocorrências da região, ampliando enormemente as perspectivas de descobertas de novas concentrações econômicas de chumbo e metais associados, em áreas de condicionamento geológico semelhante.

Macedo, (1986) ao executar a prospecção litogeoquímica na mina do Perau, considerou algumas características marcantes que o levaram a considerar o jazimento do tipo sedimentar-exalativo. Dentre essas características podem ser consideradas: o controle estratigráfico do tipo *stratabound*; a ocorrência de formações ferríferas sobrepostas ao depósito; o fato da mineralização ser constituída principalmente por sulfetos de Pb, Cu e Zn com Ag subordinada; a forma da mineralização ser lenticular com partes maciças constituídas por mais de 50% de sulfetos; presença na sequência da região da mina de rochas básicas interpretadas como metavulcânicas (anfibolitos e anfibólio-xistos); as galenas datadas entre 1000 e 1400m.a estarem dentro do intervalo de variação das jazidas sedimentar-exalativas conhecidas que vão de 1000 a 1700m.a e ao fato da mineralização encontrar-se em bacia

tafrogênica que foi submetida à tectônica tracional, traço comum às jazidas sedimentar-exalativas.

A principal mineralização de cobre atualmente conhecida na área do Vale do Ribeira é a mina Santa Blandina, no município de Itapeva(SP). A mineralização está associada a uma sequência carbonática e pelito-carbonática, dobrada e falhada, pertencente ao Grupo Açungui, que é cortada por diques de diabásio. Pequenas ocorrências são conhecidas nas localidades de Barra do Açungui, Mato Preto, Rio Bonsucesso, Itaóca, Pedra Branca, cuja mineralização se faz através de disseminações em epicalcários, calcioxistos e granitos e/ou pequenos veios mineralizados a cobre preenchendo fraturas.

O cobre ocorre associado ao chumbo, tanto nas mineralizações do tipo veeiro como do tipo estratiforme (Perau). Indícios de mineralização cuprífera disseminada em calco-hornfelsitos que ocorrem no contato entre anfibolitos e epicalcários, na região do Caixão do Mendes, município de Adrianópolis, são citados por Kaefer e Algarte, (1972).

Pelo exposto observamos que o potencial conhecido para cobre está subordinado ao chumbo, principalmente nas mineralizações do tipo estratiforme-sedimentar-metamórfico, a não ser que novos jazimentos associados à rochas metavulcânicas venham a ser descobertos.

As mineralizações de zinco conhecidas estão totalmente subordinadas àquelas de chumbo, principalmente as do tipo veeiro, ocorrendo tanto na mineralização primária quanto na secundária. Nas diversas ocorrências conhecidas os teores variam de 0,1% Zn (Monjolinho) até 51,9% Zn (Jardim 1), com maior potencial em termos quantitativos nas regiões do Bairro Serra e Furnas. Na jazida do Perau, o zinco ocorre com pequena expressão, tendo sido detectado esfalerita em alguns furos de sondagem, segundo Souza e Campanha, (1977).

A produção mineira do Vale do Ribeira está voltada hoje mais para os bens minerais não-metálicos, tais como calcário, barita, argila, chert, talco, fosfato, rocha ornamental e fluorita principalmente.

2.4.2 - MINERALIZAÇÕES DE OURO

As mineralizações auríferas primárias da região do Ribeira hospedam-se principalmente nas formações Perau e Água Clara, do Grupo Setuva, descrito inicialmente por Ebert, (1971). Este autor decreve o Grupo como sendo uma sequência metavulcanosedimentar de baixo a médio grau metamórfico, de idade Proterozóica, constituída por sedimentos de águas rasas a profundas, com intensa intercalação de rochas vulcânicas a subvulcânicas de natureza básica a intermediária de fundo oceânico.

A Formação Perau é descrita como sendo constituída por quartzitos, xistos clásticos, metabasitos, rochas vulcânicas e vulcanoclásticas, além de formações ferríferas. A Formação Água Clara é constituída por metacalcarenitos, metacalcários calcíticos e dolomíticos, rochas calciosilicáticas, calcioxistos, metacherts, formações ferríferas e anfibolitos.

No âmbito de ocorrência da Formação Perau, segundo Câmara, (1993) há dois tipos de depósitos encaixados em zona de cisalhamento transcorrente com alto ângulo ao redor do Granito Agudos Grandes. Os depósitos de Piririca e Ivaporunduva, descobertos pela CPRM, encaixam-se neste tipo de depósito que se assemelha ao de Golden Mile da Austrália. Os depósitos constituem-se na realidade de filões com ganga quartzo-carbonatada, hospedadas em rochas subvulcânicas básicas, metamorizadas no fácies xisto verde baixo, com alteração hidrotermal do tipo cloritização, carbonatação e sericitização. Os principais minerais de minério são ouro nativo +/- pirita, +/- arsenopirita, +/- galena, +/- pirrotita, +/- esfalerita, +/- calcopirita, +/- bismutinita, +/- tetraedrita, +/- boulangerita. As mineralizações deste tipo são formadas em zonas de cisalhamento através de canalização de soluções hidrotermais ricas em H₂O e CO₂ e baixa salinidade. O ouro associado a sulfetos é depositado em zonas de tração abertas durante o cisalhamento.

Outro tipo de depósito existente na Formação Perau é o do tipo “Morro do Ouro de Paracatu (MG)”, onde os filões, bolsões e “*ribbons*” de quartzo-carbonatado estão encaixados em milonitos carbonosos metamorfizados no fácies xisto verde baixo, em zona de cisalhamento de baixo ângulo, com alteração hidrotermal do tipo carbonatação e sericitização, cujos principais minerais de minério são ouro nativo, pirita, +arsenopirita, +galena, +calcopirita.

Outra unidade de relevância para a prospecção de ouro primário na região do Vale do Ribeira é a Formação Água Clara que representa a unidade hospedeira do depósito Morro do Ouro e algumas ocorrências a noroeste. Neste tipo de depósito há dois tipos de minério: um epigenético, semelhante ao de São Pedro, porém com as encaixantes metamorfizadas no fácies xisto verde alto a anfibolito e o segundo tipo singenético, representado por camadas ou lentes de formações ferríferas limonitizadas, encaixadas em metassedimentos.

Os trabalhos de pesquisa de ouro primário nas áreas em que a CPRM é detentora no Vale do Ribeira, estão atualmente concentrados no Alvo São Pedro. Nestas duas áreas (alvarás) foi executada uma malha de amostragem geoquímica de solo 100x50m, denominadas SP-1 (6,5 km²) e SP-2 (10 km²), nas quais foram executados mapeamento geológico nas escalas 1:10.000 e 1:5.000.

As amostras de solo coletadas no horizonte “B” da malha SP-1 e analisadas por absorção atômica para As, Cu, Pb, Zn e Au, forneceram dados que, após tratamento estatístico, permitiram a elaboração de mapas de isóteores que revelaram zonas fortemente anômalas, principalmente para As e Pb. Os teores de Au obtidos em algumas amostras de solo indicaram valores entre 0,1 e 1,2 ppm, na maioria das vezes superpostas a halos de As e Pb. Nessa malha foram delimitados 3 alvos prioritários (1, 2 e 3).

O alvo 1 da malha SP-1, com 0,76 km² de superfície, encontra-se posicionado sobre anomalias geoquímicas de As (600 ppm), Pb (650 ppm) e Au (1,2 ppm). Através dos trabalhos de escavação de poços e trincheiras, foi possível delimitar um corpo mineralizado, que tem como rocha hospedeira um sericita milonito carbonoso, rico em quartzo com ouro livre, possivelmente proveniente da oxidação de sulfetos. As dimensões deste

corpo conhecidas no momento são de 200m x 300m, cujos teores variam de 0,5 g/t a 11 g/t, sendo o teor médio de 2,4 g/t.

O alvo 2, com superfície de 0,46 km², posiciona-se sobre halos anômalos de As (480 ppm) e o alvo 3 com 0,33 km², posiciona-se sobre halos anômalos de As (480 ppm), Pb(560 ppm) e Au (0,1 ppm). Ambos contém trabalhos de escavações ainda na fase preliminar, tendo sido executado apenas 3 trincheiras em cada um. Os teores de Au obtidos nas amostragens de canal efetuadas nas trincheiras do alvo 2 ainda não se revelaram potenciais, porém os furos de trado executados demonstraram áreas promissoras, com anomalias de ouro detectadas pelo método de contagem de pintas. No alvo 3 os trabalhos de abertura de trincheiras revelaram teores que variam de 0,4 ppm a 2,4 ppm nas amostras de canal.

O minério do Alvo São Pedro, detectado em superfície (ouro livre em 'ribbons' e pequenos "boudins" de quartzo em milonitos carbonosos), se assemelha ao minério tipo Paracatu, porém com teor muito mais elevado, variando de 0,5 g/t a 11 g/t, sendo o teor médio de 2,4 g/t. Neste mesmo alvo, ocorrem filões de quartzo-carbonatado com sulfetos maciços, encaixados em rochas metabásicas (veio 6), que possui um teor de 59 g/t de Au, localizado dentro do domínio dos filitos carbonosos no limite SE do alvo, em contato com os milonitos carbonosos.

CAPÍTULO 3 - GEOQUÍMICA

3.1 - INTRODUÇÃO

O primeiro objetivo de um trabalho geoquímico de exploração mineral é o de determinar o teor de elementos-traço dos materiais naturais tais como solos, sedimentos, colúvios, detritos glaciais, rochas e vegetação, de modo a localizar irregularidades nos padrões geoquímicos gerais de uma área, os quais, eventualmente, podem estar relacionados à mineralização. O padrão geoquímico de uma área é chamado de *background*. Os desvios desta norma são chamados anomalias e a somatória dos padrões químicos, incluindo áreas anômalas e de *background*, é chamada de “paisagem geoquímica”.

O grau de desenvolvimento de técnicas geoquímicas para certos elementos tem variado, sendo proporcional à disponibilidade e demanda para o elemento individual. Assim, a demanda para ouro e prata proporcionou um grande incentivo ao desenvolvimento de métodos de exploração geoquímica e de análises para esses metais. As técnicas de campo têm sido principalmente concentradas em levantamentos por sedimentos de corrente e água, além da prospecção em solo, pois é sabido que os padrões de dispersão nestes materiais possibilitam extrair informações mesmo a distâncias consideráveis a partir da fonte geradora da anomalia (Andrews-Jones, 1968).

O conceito de associações geoquímicas permite a utilização de elementos farejadores “*pathfinder*” na busca de corpos de minério. Esses são em geral elementos relativamente móveis de uma associação. Os farejadores podem ser os elementos mais voláteis (tais como: As, Hg, Rn e He) ou elementos que formam facilmente fases iônicas aquosa (tais como: Mo, Zn, Ag e Se). Um indicador é um dos elementos maiores, constituintes do minério, enquanto que um farejador é apenas um elemento associado (Andrews-Jones, *op.cit*).

A correlação linear é a medida da similaridade entre duas variáveis, ou ainda, é a verificação do comportamento relativo entre duas variáveis, isto é, se o aumento do teor de uma corresponde a um aumento, diminuição ou indiferença do teor da outra variável. No cálculo da correlação é importante evitar a presença de valores extremos no conjunto a ser processado.

Na prospecção geoquímica, os métodos estatísticos são amplamente utilizados, embora existam alguns temas tradicionalmente polêmicos, tais como transformação dos dados originais, o ajuste das distribuições, a estimação dos teores e dos limiares (Howart e Karle, 1979; Garrett, 1984; Kurzl, 1988). Vários trabalhos tentam melhorar a análise dos dados e de sua interpretação, sendo que alguns utilizam critérios univariados (Chork e Govett, 1979; Miesch, 1981; Sinclair, 1991) e outros aplicam métodos multivariados, por vezes complementados por técnicas de estatística robusta (Howarth, 1984; Zhou, 1985; Roquin e Zeegers, 1987; Stanley e Sinclair, 1987; Garrett, 1989; Chork, 1990; Alecrin e Royer, 1991 a e b). Ainda acompanhando a evolução, foi introduzido na prospecção geoquímica um conceito concebido no âmbito da estatística robusta: o de *outliers* (Howarth, 1983 e 1984). Baseado na análise de diversos artigos de prospecção geoquímica, já na década de 80 Garret, (1989) descreve um importante conceito em relação às *outliers* e anomalias geoquímicas.

Foster, (1991) indica espécies sulfetadas de As e Sb, entre outras como transportadoras de Au em ambiente hidrotermal. Tilling et alii, (1973) indicam que os minerais que mais contribuem com o conteúdo total de Au são os silicatos máficos, os óxidos de Fe-Ti e os sulfetos, embora o quartzo e o feldspato, mais empobrecidos, possam contribuir de forma significativa, devido a sua alta abundância modal.

Filippini, (1992) obteve resultado importante na análise de variância dos veios de quartzo na região de Isla Patrulla (Uruguai) com a indicação do enriquecimento em Au dos filitos sericíticos com várias intercalações em relação aos demais veios encaixados em outras litologias. Constatou também que Fe, Mn, P, Ba, Co, Pb e V também estiveram enriquecidos nos filões encaixados neste grupo.

3.2 - METODOLOGIA USADA

Os dados referentes aos resultados das análises químicas de sedimentos e solos foram obtidos através do Sistema SIR/SIGA - Sistema de Informações em Recursos Naturais de natureza modular tendo no SIGA (Sistema de Informações Geológicas), desenvolvido pela CPRM, várias bases de dados de caráter textual, as quais são gerenciadas pelo sistema STAIRS/CMS (Storage and Information Retrieval System/Conversational

Monitor System). O quadro geral das amostras utilizadas no presente trabalho pode ser visualizado na Tabela 3.I.

QUADRO GERAL DAS AMOSTRAS DE GEOQUIMICA

ELEMENTO	MATERIAL	SP	NSP	DSP	RSP	BSP	AMOSTRAS
Cu	solo		1064				1064
	sedimento	53	808	58			919
Pb	solo		1791				1791
	sedimento	64	844	58			966
Zn	solo		1064				1064
	sedimento	3	809	58			870
As	solo				1709		1709
	sedimento	10			61		71
Ni	solo		211				211
	sedimento		229				229
Co	solo		216				216
	sedimento		203				203
Mn	solo		28				28
	sedimento	59					59
Ag	solo		48				48
Au	solo					52	52
Fe	sedimento	64	28				92
Ba	sedimento	61					61
Cr	sedimento	61					61
Zr	sedimento	59					59
Sc	sedimento	61					61
Mg	sedimento	61					61
Ti	sedimento	41					41
V	sedimento	52					52
Be	sedimento	47					47
TOTAL		696	7343	174	1770	52	10035

Obs.:

SP - espectrografia de emissão ótica p/30 elementos padrão

NSP - absorção atômica c/abertura de HNO₃

RSP - absorção atômica c/geração de hidretos

BSP - absorção atômica c/abertura de HBr

DSP - absorção atômica com abertura de EDTA

Tabela 3.I

A seleção dos dados geoquímicos foi feita no SIGEOQ, que é o módulo de processamento de dados geoquímicos do SIR, a partir das bases de dados dos projetos Eldorado, Pilões, Ivaporunduva, Sudelpa e Reconhecimento Geoquímico do Vale do Ribeira

gerando matrizes do tipo “presta”. Posteriormente efetuou-se a transformação destas matrizes em formato “*GEOQUANT*”.

Utilizou-se da versão (3.0) do *software* “*GEOQUANT*” para PC com a finalidade de gerar matrizes para tratamento estatístico uni e multivariado com os dados capturados do sistema modular SIGEOQ. Obteve-se desta forma arquivos distintos relacionados aos tipos de amostras. Para selecionar apenas aquelas que se encontram dentro do limite da área de estudo, utilizou-se de um módulo deste *software*”¹” e os arquivos resultantes que são binários, foram convertidos para o formato ASCII ”²”.

Para recuperar os dados das matrizes e importá-los para o formato ASCII do tipo “*GRASS*”, tornou-se necessário a implementação de um programa (CGRASS) que fizesse a conversão e ao mesmo tempo excluísse todos os registros que possuíssem os qualificadores analíticos existentes nas matrizes “presta” originais. As 98 amostras de solo pertencentes ao projeto Eldorado foram analisadas para Cu, Pb, e Zn pelo método de absorção atômica. As 1889 amostras de solo obtidas na malha 1 (1066) e na malha 2 (823) do Projeto Ivaporunduva foram analisadas para Cu, Pb, Zn, Ag, Co e Ni pelo método de absorção atômica. Para a determinação semiquantitativa de Au digeriu-se as amostras com ácido bromídrico e para o As utilizou-se como acessório a geração de hidretos.

Das amostras de sedimento de corrente do Projeto Eldorado foram selecionadas 59 amostras e tratadas pela agitação a frio em solução de EDTA a 0,25% para serem analisadas pelo método de absorção atômica para Cu, Pb e Zn e 626 amostras para serem analisadas para Cu, Pb, Zn, Co e Ni por absorção atômica com abertura de ácido nítrico concentrado a quente.

No projeto Sudelpa selecionou-se 51 amostras de sedimento de corrente que foram analisadas pelo método de espectrografia de emissão ótica para 30 elementos padrão (Fe, Mg, Ca, Ti expressos em % e Mn, Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, La, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, V, W, Y, Zn e Zr expressos em ppm) que possuem os limites de detecção expressos na Tabela 3.II. No projeto Pilões utilizou-se 87 amostras de sedimento para analisar Pb por absorção atômica com abertura de ácido nítrico concentrado a quente, As por geração de hidretos e Cu, Pb, Zn, As, Fe e Mn por espectrografia de emissão ótica para 30 elementos padrão.

Elemento	Lim.Inf.	Lim.Sup.
Fe	0,05%	20%
Mg	0,02%	10%
Ca	0,05%	20%
Ti	0,002%	1%
Mn	10ppm	5000ppm
Ag	0.5	5000
As	200	10.000
Au	10	500
B	10	2000
Ba	20	5000
Be	1	1000
Bi	10	1000
Cd	20	500
Co	5	2000
Cr	10	5000

Elemento	Lim.Inf.	Lim.Sup.
Cu	5ppm	20.000ppm
La	20	1000
Mo	5	2000
Nb	10	2000
Ni	5	5000
Pb	10	20.000
Sb	100	10.000
Sc	5	100
Sn	10	1000
Sr	100	5000
V	10	10.000
W	50	2000
Y	10	2000
Zn	200	10.000
Zr	10	1.000

Tabela 3.II - Tabela dos limites de detecção dos 30 elementos padrão analisados pelo método de espectrografia de emissão ótica.

No projeto Geoquímica do Vale do Ribeira foram selecionadas 217 amostras para determinação semiquantitativa de Cu, Pb, Zn, Ni, Mn e Fe pelo método de absorção atômica com abertura de ácido nítrico concentrado a quente e 29 amostras para determinação de Cu, Pb, Fe e Mn pelo método de espectrografia de emissão ótica.

O programa (MEDIA) em "Fortran", tem por finalidade obter as médias aritméticas e geométricas, além do desvio padrão da população de amostras que constitui um determinado arquivo. Assim sendo, foram feitos cálculos para cada elemento estudado, resultando em arquivos individualizados de acordo com o tipo da amostra e da análise e ao mesmo tempo gravando o atributo de maior valor relacionado à um par de coordenadas coincidente. Os arquivos possuem formato ASCII e tem a extensão (.asdf).

A partir dos dados estatísticos de média e desvio padrão (Anexo A2), adotou-se os intervalos descritos por Lepeltier, (1969) para separar os agrupamentos anômalos de uma população e ao mesmo tempo reclassificá-los em quatro categorias, conforme descrito em Silva, (1991). Os valores compreendidos entre zero e a média geométrica correspondem ao *background*, os valores que se situam entre a média geométrica e a média + desvio padrão correspondem uma população mista + *background*, os valores situados entre a média + desvio padrão e a média + 2 vezes o desvio padrão correspondem a uma anomalia de 2ª ordem e finalmente os valores acima da média + 2 vezes o desvio padrão correspondem a uma anomalia verdadeira, ou seja de 1ª ordem.

As associações geoquímicas que foram usadas para a elaboração das anomalias foram Cu-Pb-Zn-Co descrita por Boyle, (1979) para depósitos de ouro associado à

sulfetos maciços, bem como a associação Ni-Cu-Co prevista para associações com rochas máfica-ultramáficas. A associação Cu-Pb-Zn-As é decorrente da assinatura geoquímica encontrada no Alvo Piririca e a associação Cu-Pb-Fe-As é representativa da assinatura geoquímica do Alvo São Pedro. A distribuição espacial das amostras utilizadas nestas associações pode ser visualizada nas Figuras 3.1 e 3.2.

3.3 - DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Através da geração de sub-bacias foram identificadas 40 sub-bacias de captação, totalizando uma área de aproximadamente 634 km².(vide relatório em Anexo A3).

Ao se executar o teste de coincidência entre as anomalias e as áreas das sub-bacias, observou-se que usando-se os valores dos resultados das análises interpolados, eram geradas imagens que não refletiam a realidade, pois o interpolador usado no caso (inverso do quadrado da distância) produzia uma área de anomalia de um determinado elemento muito maior do que os pontos usados poderiam indicar, extrapolando-se para áreas onde não haviam pontos (amostras) de controle.

A análise foi feita posteriormente, individualmente para cada bacia, usando-se máscaras, pois os resultados observados exprimiam informações apenas daquela bacia. Porém, como citado anteriormente, o interpolador fez com que as áreas anômalas extrapolassem para outra sub-bacia adjacente, o que na realidade não pode acontecer.

Por fim, adotou-se a metodologia de analisar todos os resultados pontuais das amostras em cada sub-bacia, chegando bem mais próximo da realidade, pois a análise é feita por bacia individualmente, demonstrando realmente como elas se portam diante de determinado elemento e que as áreas fontes estariam nas vizinhanças limitadas pela sub-bacia. Todas essas etapas podem ser visualizadas na Figura 3.3.

No teste de correlação linear obtido pelo método Pearson para as 843 amostras de sedimento de corrente analisadas por absorção atômica, segundo uma distribuição lognormal da população, utilizou-se o percentual de 50% para a determinação das seguintes correlações: (Tabelas 3.III e 3.IV)

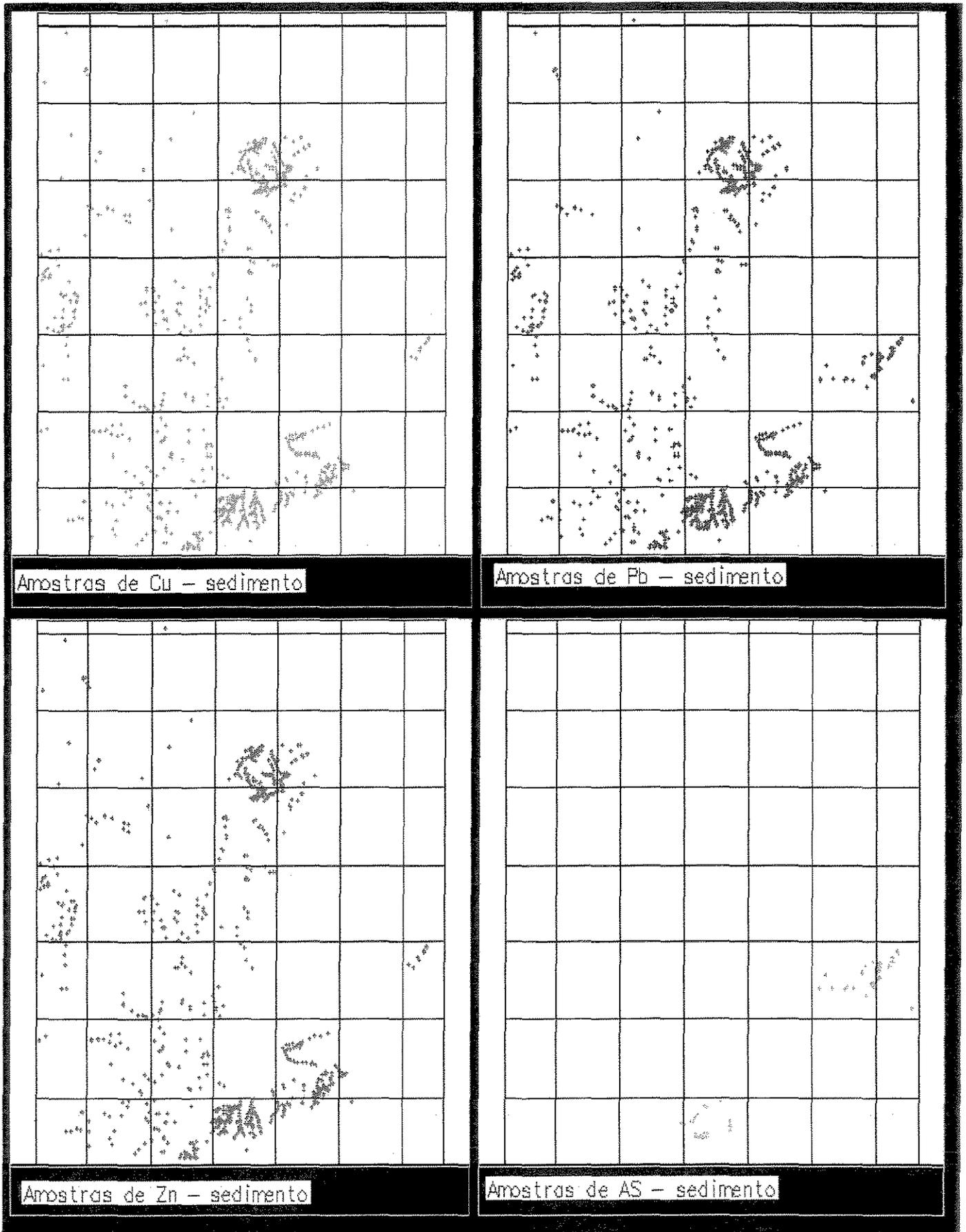


Fig.no 3.1- Distribuição espacial das amostras de sedimento que compõe a associação geoquímica Cu-Pb-Zn-As.

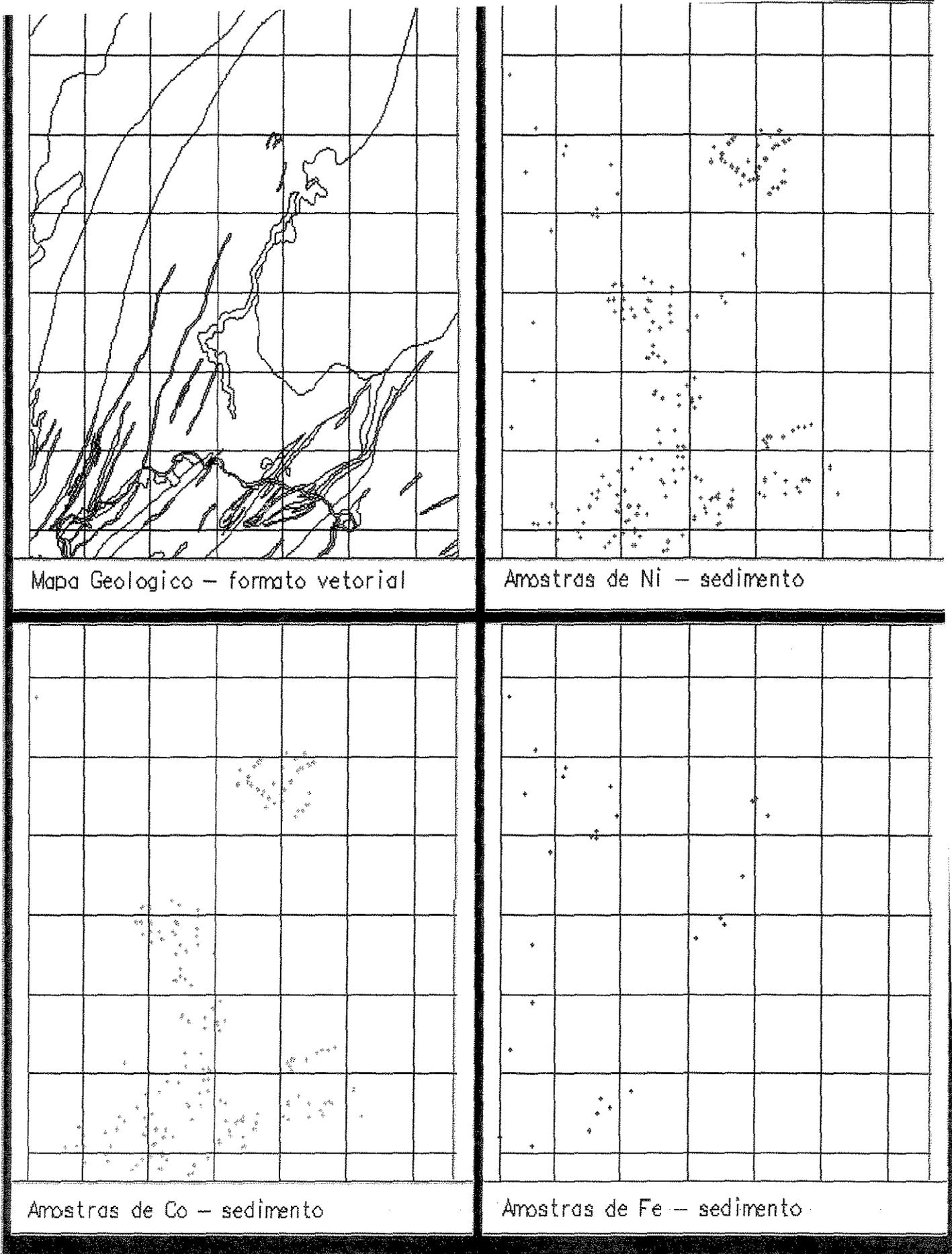


Fig.no 3.2 - Distribuição espacial das amostras de sedimento de corrente dos elementos Ni, Co e Fe.

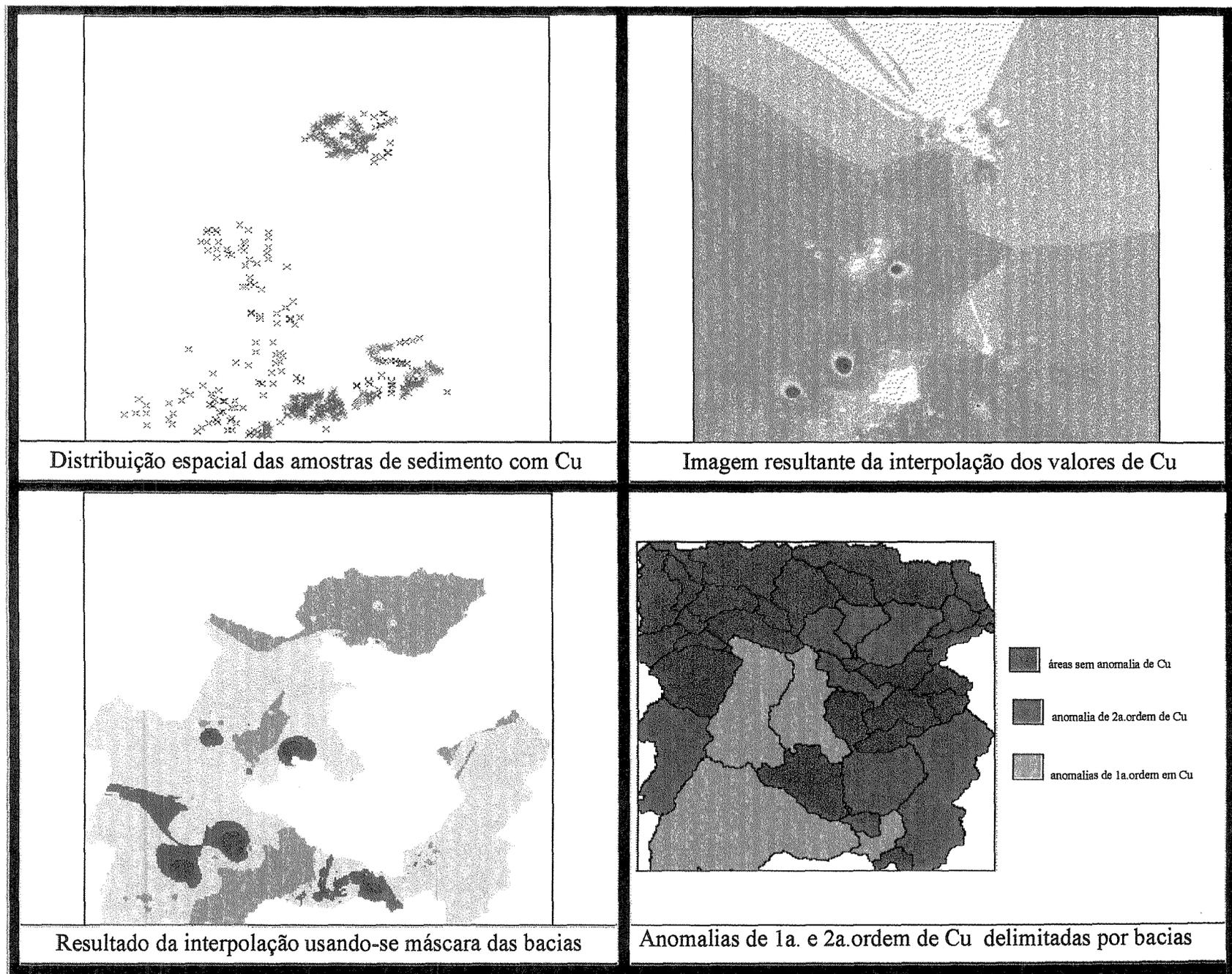


Fig. 2.2. Determinação de anomalias de Cu em sedimentos de bacias hidrográficas

área do projeto Eldorado:
 área do projeto V.do Ribeira:
 Mn.

Cu-Co-Ni, Pb-Zn e Co-Ni
 Cu-Zn-Ni-Fe-Mn, Pb-Ni-Fe, Zn-Ni-Fe, Ni-Fe-Mn e Fe-
 Mn.

AMOSTRA	CU-NSP	PB-NSP	ZN-NSP	CO-NSP	NI-NSP
CU-A NSP	1.000	.104	.298	.649	.702
PB-A NSP		1.000	.549	.134	.065
ZN-A NSP			1.000	.205	.371
CO-A NSP				1.000	.761
NI-A NSP					1.000

Tabela 3.III - Correlação entre 626 amostras de sedimento de corrente do arquivo Eldorsed.chr, analisadas pelo método de absorção atômica, usando uma distribuição lognormal.
 Obs: NSP - análise de absorção atômica com abertura de HNO3

Eldorsed.chr - arquivo de amostras de sedimento do projeto Eldorado

	CU-NSP	PB-NSP	ZN-NSP	AG-NSP	CO-NSP	NI-NSP	FE-NS%	MN-NSP
CU-A NSP	1.000	-.017	.561	*****	*****	.902	.826	.648
PB-A NSP		1.000	.237	*****	*****	.757	.887	.343
ZN-A NSP			1.000	*****	*****	.662	.730	.404
AG-A NSP				1.000	*****	*****	*****	*****
CO-A NSP					1.000	*****	*****	*****
NI-A NSP						1.000	.800	.505
FE-A NS%							1.000	.726
MN-A NSP								1.000

Os valores ***** SINGIFICA QUE EXISTEM MENOS DE 5 AMOSTRAS OU QUE SEUS VALORES SÃO CONSTANTES

Tabela 3.IV - Correlação entre 217 amostras de sedimento dos arquivos Valscaaa1,2 e 3 analisadas por absorção atômica, usando distribuição lognormal.

Obs: NSP - análise de absorção atômica com abertura de HNO3

Valscaaa1, 2 e 3 - arquivos de amostras de sedimento de corrente do Projeto Geoquímica do Vale do Ribeira

O mesmo teste efetuado para as 167 amostras de sedimento de corrente analisadas pelo método espectrográfico de emissão, seguindo a mesma distribuição e corte, obteve as seguintes correlações: (Tabela 3.V)

área dos Projeto Pilões, Mg-Ca-Mo, Fe-Co-Cu-Vi-Sc-V, Ti-Sc-V, Mn-
 Geoquímica do Vale Ribeira, Co-Mo, Ag-Co-Pb, Co-Cr-Cu-Mo-Ni-Pb-Sc-V-Zr,
 e Sudelpa: Cr-Cu-Mo-Ni-Sc-V e Ni-Sc-V

MATRIZ DE CORRELAÇÃO - SEDIMENTO - SP

Elemento	Ca	Mo	Co	Cu	Ni	Sc	V	Pb	Zr	Cr
Mg	.543	-.737								
Fe			.752	.674	.617	.583	.604			
Ti						.530	.642			
Mn		-.760	.543							
Ag			.659					.764		
Co		.612		.827	.796	.700	.537	.609	-.518	.582
Cr		.666		.680	.804	.688	.525			
Cu			.827		.830	.699	.611	.534	-.582	
Ni						.761	.611			

Tabela 3.V - Matriz de correlação entre as 176 amostras de sedimento de corrente analisadas pelo método de espectrografia de emissão.

Obs: SP - método de análise por espectrografia de emissão ótica

Ao se correlacionar as 1889 amostras de solo obtidas numa malha de 100x50m onde os elementos Cu, Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Au, Ba e As foram analisadas por absorção atômica, obteve-se as seguintes correlações: Cu-Zn-Ni, Pb-Au, Zn-Ni e Co-Ni. (Tabela 3.VI)

MATRIZ DE CORRELAÇÃO X NÚMERO DE AMOSTRAS

	CU-NSP	PB-NSP	ZN-NSP	AG-NSP	CO-NSP	NI-NSP	AU-BSP	BA-QP	AS-RSP
CU-A NSP	1.000	.297	.677	.335	.470	.648	-.371	-.443	.321
PB-A NSP		1.000	.312	.324	.261	.308	.592	.023	.279
ZN-A NSP			1.000	.349	.443	.641	-.435	-.129	.184
AG-A NSP				1.000	.363	.355	*****	.087	.244
CO-A NSP					1.000	.530	*****	-.091	.165
NI-A NSP						1.000	*****	-.330	.195
AU-A BSP							1.000	*****	-.228
BA-A QP								1.000	-.002
AS-G RSP									1.000

Os valores ***** SIGNIFICA QUE EXISTEM MENOS DE 5 AMOSTRAS OU QUE OS SEUS VALORES SÃO CONSTANTES

Tabela 3.VI - Correlação entre 1889 amostras de solo dos arquivos ivapsol 1 e 2 analisadas por absorção atômica, usando distribuição lognormal.

Obs: NSP - absorção atômica com abertura de HNO₃

BSP - absorção atômica com abertura de Hbr

RSP - absorção atômica com geração de hidretos

QP - determinação do elemento total na amostra sob a forma de sulfato por gravimetria

Dentre as associações Cu-Pb-Zn-Co, Ni-Cu-Co, Fe-Cu-Pb-Zn-Co, As-Cu-Pb-Zn previstas para modelos de depósitos de ouro associados à metais base e rochas máficas/ultramáficas conseguiu-se compor as associações de 1ª e 2ª ordem, expressas na Tabela 3.VII.

ASSOCIAÇÕES GEOQUIMICAS - SEDIMENTO - 1a.Ordem - NSP

ARQUIVO	ELEMENTOS	AMOSTRAS
cupbznas1.nsp	Cu,Pb,Zn,As	102
cupbznc1.nsp	Cu,Pb,Zn,Co	117
cupbzn1.nsp	Cu,Pb,Zn	108
nicuco1.nsp	Ni,Cu,Co	61

ASSOCIAÇÕES GEOQUIMICAS - SEDIMENTO - 2a.Ordem - NSP

ARQUIVO	ELEMENTOS	AMOSTRAS
cupbznas2.nsp	Cu,Pb,Zn,As	189
cupbznc2.nsp	Cu,Pb,Zn,Co	199
cupbzn2.nsp	Cu,Pb,Zn	173
nicuco2.nsp	Ni,Cu,Co	153
cupbzncfe2.nsp	Cu,Pb,Z,Co,Fe	201

ASSOCIAÇÕES GEOQUIMICAS - SEDIMENTO - 1a.Ordem - SP

ARQUIVO	ELEMENTOS	AMOSTRAS
cupbas1.sp	Cu,Pb,As	11
cupbfe1.sp	Cu,Pb,Fe	14
cupb1.sp	Cu,Pb	10
asbe1.sp	As,Be	2

ASSOCIAÇÕES GEOQUIMICAS - SEDIMENTO - 2a.Ordem - SP

ARQUIVO	ELEMENTOS	AMOSTRAS
cupbas2.sp	Cu,Pb,As	26
cupbfe2.sp	Cu,Pb,Fe	30
cupb2.sp	Cu,Pb	23

Tabela 3.VII - Tabela das amostras que constituem os arquivos resultantes das associações descritas.

Obs: NSP - análise por absorção atômica com abertura de HNO₃

SP - análise por espectrografia de emissão ótica

Os intervalos considerados como anomalias de 1ª ordem dos elementos citados na população das amostras de sedimento de corrente analisados pelo método de absorção atômica (NSP) podem ser resumidamente expressos em ppm:

níquel	arsênio	cobre	chumbo	zinco	cobalto
90-320	597-890	132-400	515-5100	295-1200	58-95

CAPÍTULO 4 - GEOFÍSICA

4.1 - INTRODUÇÃO

A finalidade da geofísica pura é deduzir as propriedades físicas da Terra e a constituição interna desta, a partir de fenômenos físicos ligados a elas, tais como o campo geomagnético, o fluxo calorífico, a propagação das ondas sísmicas, a força da gravidade, etc. Por outro lado, o objetivo da Geofísica Aplicada é o de investigar feições ou estruturas concretas, relativamente pequenas ou pouco profundas que se presume existir dentro da crosta terrestre. Entre essas feições podemos mencionar sinclinais e anticlinais, falhas, cúpulas salinas, jazimentos mineiros, etc. Em grande parte, os métodos geofísicos utilizados para investigar as feições superficiais da crosta terrestre, depende das propriedades físicas das rochas.

Dentro do campo da Geofísica Aplicada à exploração mineral tem seu destaque, devido a capacidade de identificar estruturas, litologias e concentrações minerais em subsuperfície, não perceptíveis por nenhum outro método. Dependendo das características geológicas de cada área, pode-se lançar mão da aerogeofísica e da geofísica terrestre, abordando o tema tanto a nível regional como de semidetalhe.

Através do método gamaespectrométrico pode-se calcular as concentrações aproximadas de U, Th e K nas rochas aflorantes, visto que não existe no Brasil pistas de calibragem dos gamaespectrômetros utilizados nos aerolevantamentos. Assim sendo, as unidades radioativas representam apenas concentrações relativas desses elementos. (Vasconcelos, 1993). A interpretação dessas concentrações tem por objetivo definir áreas com diferentes níveis de radioatividade nos materiais de superfície ou a poucos centímetros de profundidade.

Os radioelementos mostram forte afinidade com rochas graníticas e em termos gerais pode-se dizer que a radioatividade é útil para diferenciar áreas mais máficas e félsicas dentro de terrenos metamórficos e ígneos. As unidades radiométricas individualizadas em mapas não representam na verdade os limites das unidades litológicas, devido a dispersão dos radioelementos e a química do solo que nem sempre é similar ao da rocha em subsuperfície.

A radioatividade varia muito mais nas rochas ígneas, devido as características químicas, mineralógicas, petrográficas e estruturais, do que nas demais rochas.

O urânio e o tório são os responsáveis pela radioatividade das rochas, os quais podem estar presente em inclusões líquidas nos minerais ou em fluidos intergranulares. O potássio por sua vez é um elemento muito frequente nos minerais, principalmente nos alumino-silicatos tais como K-feldspato e micas.

O método magnético tem sido utilizado na prospecção geofísica com a finalidade de detectar intrusões, limites de bacias sedimentares, alinhamentos do embasamento, etc. O campo magnético medido na superfície terrestre apresenta-se na forma de vetor contendo três componentes: campo magnético principal, parte anômala e parte diurna. O campo magnético principal está relacionado à estrutura da Terra. As descrições quantitativas destes valores encontram-se em tabelas do IGRF (International Geomagnetic Reference Field). As variações no campo magnético principal, devido a heterogeneidade da crosta da Terra, originam a parte anômala do campo magnético. Outro tipo de variação medido é aquela causada por ondas eletromagnéticas geradas pelo impacto do vento solar nas camadas eletrizadas da ionosfera.

Tanto a variação diurna quanto o campo principal devem ser removidos dos dados de magnetometria, restando apenas a parte anômala do campo magnético. As variações no campo magnético (magnetismo das rochas) se dá devido à presença de minerais magnéticos, tais como magnetita, titanomagnetita, titanohematita, maghemita, pirrotita e ferro nativo, sendo a mais importante e mais abundante a magnetita, que passa a ser a controladora das anomalias. A facilidade com que esses minerais são magnetizados é determinada pela sua susceptibilidade.

Segundo Dobrin, (1960) o estudo do magnetismo das rochas pode indicar suas posições na superfície da Terra no momento de sua magnetização (paralela à direção do campo magnético naquele momento) e a susceptibilidade magnética está relacionada ao teor de magnetita contida nas rochas, sendo utilizada amplamente no mapeamento de contraste magnético entre diferentes litologias. O contraste é representado por relevos magnéticos distintos, podendo apresentar-se de uma forma suave como no caso de rochas sedimentares, exceto formações ferríferas e algumas rochas metamórficas ou de forma acidentada como no caso de algumas rochas ígneas e metamórficas.

No levantamento aeromagnético geralmente se mede a intensidade total do campo magnético. Os valores são registrados por meio de variações negativas ou positivas de amplitude em relação à um nível padrão local. A unidade de medida é o "Oersted", mas devido aos valores serem muito baixos, expressa-se em nanotesla (nT). O resultado final do

levantamento é justamente a elaboração de um mapa de unidades magnéticas, que sinaliza faixas semelhantes de anomalias (em amplitude e feição) e define a distribuição subsuperficial de minerais magnéticos nas rochas. (Vasconcelos, 1994)

Os dados gamaespectrométricos e magnetométricos foram obtidos do Projeto São Paulo-Rio de Janeiro, sub-área 4, executado pela Encal S/A - Consultoria e Aerolevantamentos no período de abril de 1978 a fevereiro de 1979 e processado pela CPRM em 1988. A altura de voo sobre o terreno foi de 150 metros e as 73 linhas de voo que cobrem a área em estudo possuem uma equidistância de 2km, com um intervalo de amostragem ao longo das mesmas de 1 segundo, o que corresponde a 61 metros no terreno.

4.2 - METODOLOGIA USADA

Considerando-se que todo o conjunto de dados obtidos em um levantamento geofísico é uma informação e que esta é constituída por um sinal e um ruído, o objetivo básico do processamento dos dados é tentar corrigir os erros eventualmente presentes e efetuar todas as correções e reduções, de forma a permitir a representação dos dados de forma coerente.

O processamento de dados aerogeofísicos utilizado pela CPRM compreende a aplicação de uma série de programas que tem como objetivo a mudança de formato da fita, efetuar as correções necessárias, adequando os dados de forma que possam ser representados graficamente.

O primeiro passo é efetuar a reformatação dos dados originais que se encontram nas fitas de campo, onde os dados brutos aparecerão dispostos em 5 canais sucessivos: magnetometria, tório, urânio, potássio e contagem total. Posteriormente, é feita uma crítica dos dados através de um programa que critica automaticamente os valores situados abaixo de 30 metros e acima de 500 metros para a altura de voo. Os valores geofísicos foram criticados segundo a técnica da segunda diferença em que Mourão e dos Anjos, (1988) estabeleceram os seguintes limites: magnetometria (40nT), potássio (100cps), urânio e tório (50cps) e contagem total (250cps). Numa segunda fase é feita nova correção dos dados reformatados corrigidos.

Ainda na fase de pré-processamento executa-se um programa de distribuição de erros, que visa eliminar e/ou minimizar os erros, principalmente aqueles

devidos à diferença de altitude entre os perfis de produção e os de controle e à imprecisão com que os dados são identificados nos filmes de rastreamento, realizando assim o chamado nivelamento magnético dos perfis (dos Anjos e Mourão, 1987).

A fase de processamento de dados corresponde ao tratamento que os dados brutos de campo deverão sofrer para que possam ser analisados e posteriormente interpretados. Pode-se assim dizer que, antes de qualquer processamento ou até mesmo da geração de *grids* geofísicos, torna-se necessário a execução desta fase de pré-processamento que inclui diversos procedimentos que serão comentados brevemente.

Os dados radiométricos, após as correções dos erros de gravação, sofrem novas correções como: do ruído de fundo atmosférico (*background* atmosférico), correção do efeito Compton e da correção altimétrica.

Os dados magnetométricos sofreram correções das variações temporais e redução do campo geomagnético (IGRF). O programa de correção da variação diurna corrige os dados de campo da influência da variação magnética diurna, a partir do valor médio dos registros na estação base. O programa de redução do campo geomagnético subtrai o valor do campo geomagnético de acordo com as coordenadas UTM de cada registro, obtendo-se assim, valores residuais ou anômalos.

Todos esses procedimentos tornam-se necessários antes de gerar um arquivo xyz que contém os pares de coordenadas UTM e os valores de cada um dos canais de forma sequencial linha por linha e ponto por ponto.

A primeira fase da geração de "*grids*" compreende a análise dos dados referentes ao projeto de aerolevante tais como: espaçamento das linhas de vôo, altura de vôo, e processos utilizados no pré-processamento. Numa segunda fase, define-se a dimensão da célula do *grid* e com isto a frequência de corte que será usada no filtro para eliminar um fenômeno que introduz valores espúrios (ruídos), que podem ou não aparecer como frequências invertidas e que é conhecido por "*aliasing*".

O filtro anti-aliasing elimina a interferência de amplitudes provenientes de anomalias distorcidas ao longo das linhas de vôo que possuem uma dimensão menor que o dobro da dimensão da célula do *grid*. Este filtro é do tipo passa-baixo e possui uma frequência de corte igual à chamada frequência de Nyquist.

De acordo com Vasconcelos, (1993) o tamanho da célula é função do espaçamento das linhas de vôo e da escala final do mapa. Para gerar uma célula quadrada

torna-se necessário que a mesma contenha um valor que fique entre 1/4 e 1/8 do espaçamento médio entre as linhas de vôo. No caso da geração de um *grid* regular de 250m utilizou-se uma frequência de corte para o filtro de 0,002 ciclos/metro (frequência de Nyquist), evitando-se a grande perda de informações e a degradação da imagem devido ao *aliasing*.

Gerou-se os *grids* a partir do módulo “rungrid” no *software* “GEOSOFT” que utiliza um interpolador de mínima curvatura, onde foi criada uma malha quadrática de 250x250m gravada no formato ASCII e apresentando os valores na forma de matriz “xyz”. Estes *grids* foram importados para o *software* “ER MAPPER” e convertidos em imagens inicialmente com 4 bytes por célula e posteriormente reamostrados para 1 byte por célula, ou seja 8bits em cada pixel. Foram geradas imagens para os canais de tório, urânio, potássio, contagem total, além da magnetometria (Figs.4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5).

Os dados oriundos da geração do arquivo “xyz” e os seus respectivos valores gridados apresentam resultados diferentes, tendo em vista que a malha inicialmente existente era de 2000m(E-W) por 61m (N-S) e que através da aplicação do interpolador de mínima curvatura foi gerada uma malha quadrática de 250x250m onde os valores de mínimo e máximo modificaram, como podem ser vistos na Tabela 4.I.

TABELA DOS DADOS ORIGINAIS XYZ

CANAL	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	D.PADRÃO
Tório	0	187,2	37,6	17,3 cps
Urânio	0	99,3	15,3	12,1 cps
Potássio	0	271,9	78,0	36,3 cps
Contagem Total	14,8	4118,5	1009,3	367,3 cps
Magnetometria	-526,3	1270,6	176,8	105,2 nT

TABELA DOS DADOS GRIDADOS

CANAL	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	D.PADRÃO
Tório	5,8	125,9	36,7	13,4 cps
Urânio	0,3	54,1	12,1	5,1 cps
Potássio	-5,3	253,8	75,7	27,2 cps
Contagem Total	25,1	3618,0	979,5	314,8 cps
Magnetometria	-215,1	702,1	175,4	91,0 nT

Tabela 4.I - Tabela dos dados resultantes da aplicação de interpolador .

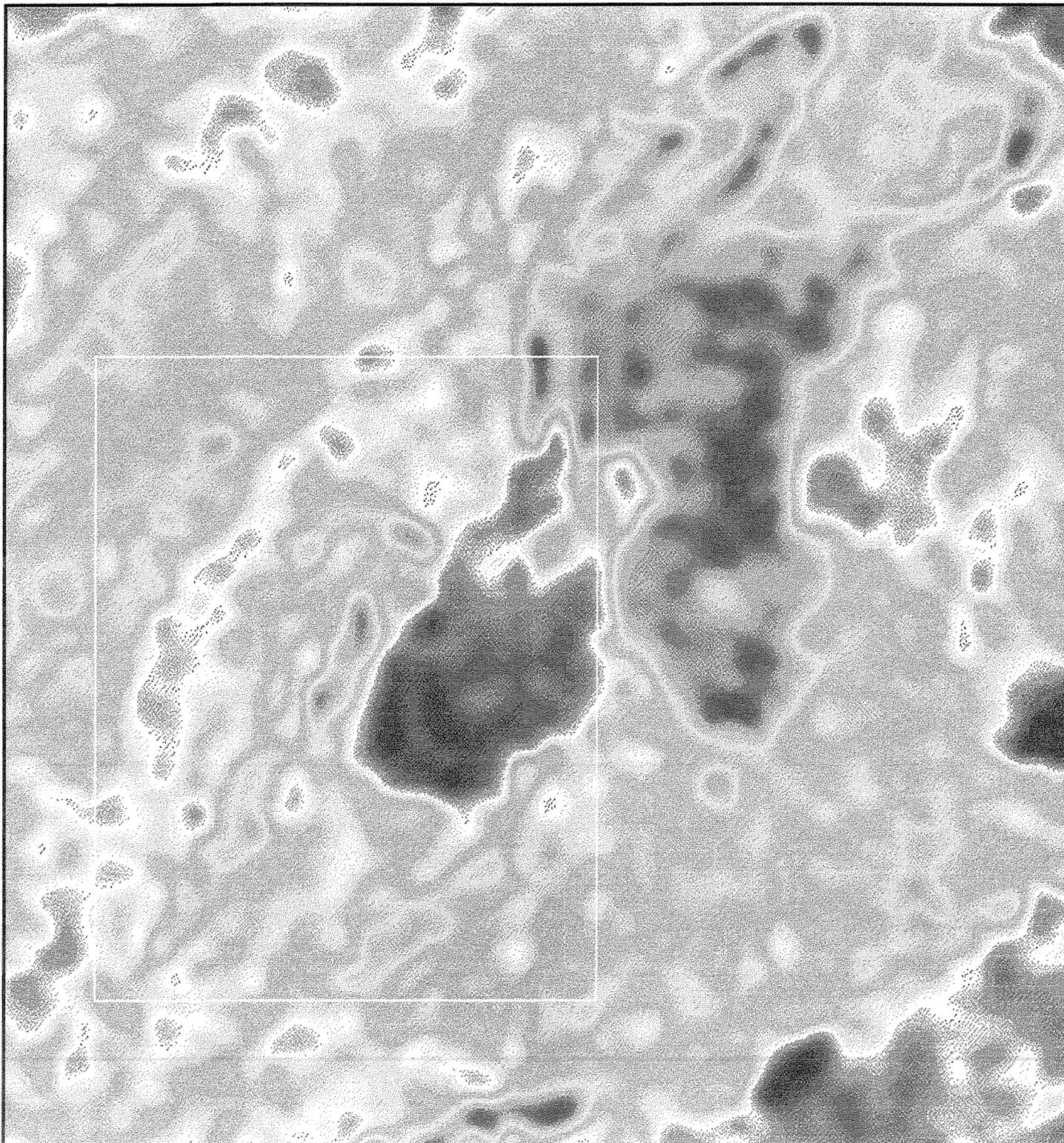


Fig.no 4.1 - Imagem de 4 bytes do canal de tório obtida pelo Er_Mapper a partir da importação dos dados gridados xyz.

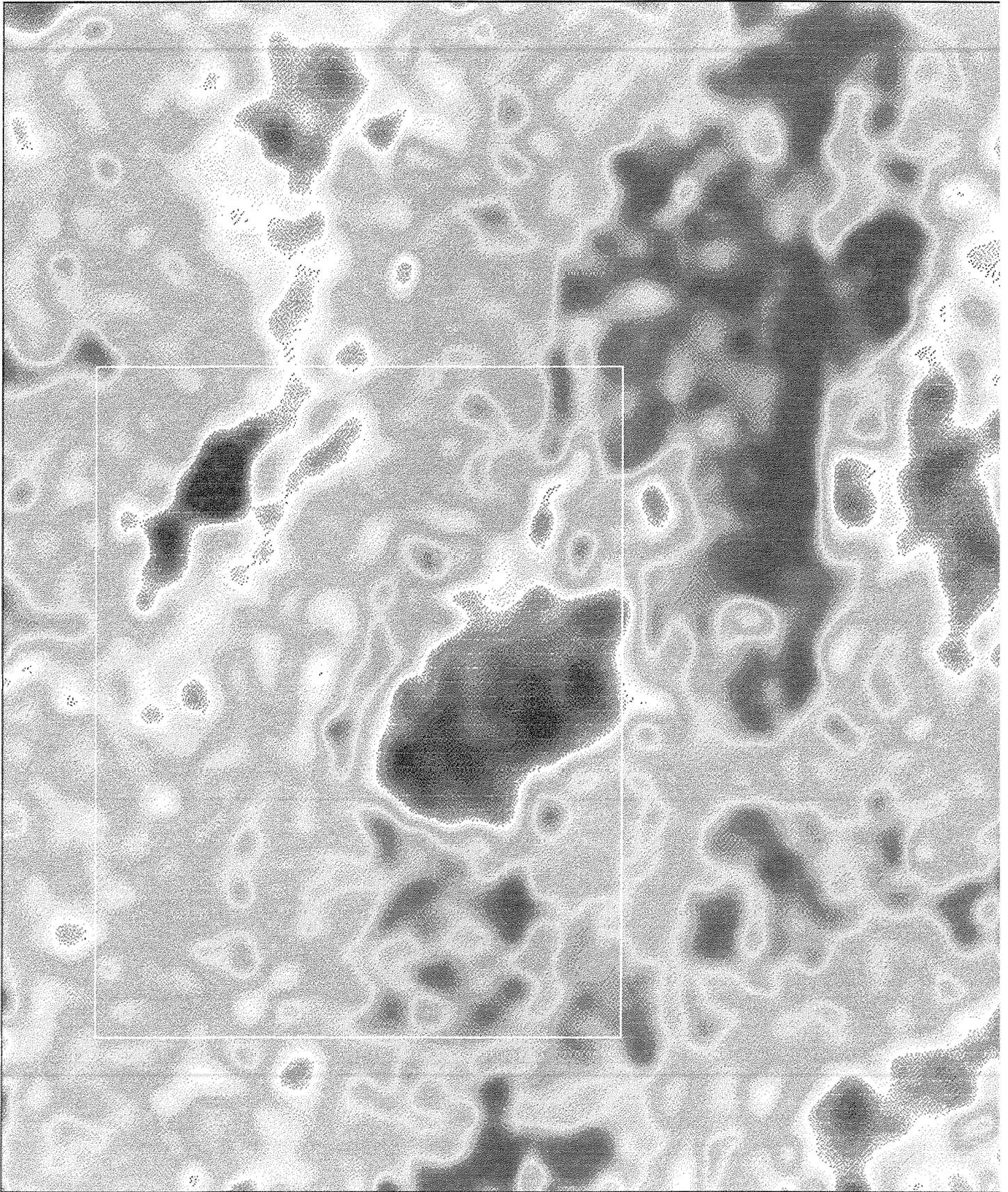


Fig.no 4.2 -Imagem de 4 bytes do canal de urânio obtida pelo Er_Mapper a partir da importação dos dados gridados xyz.

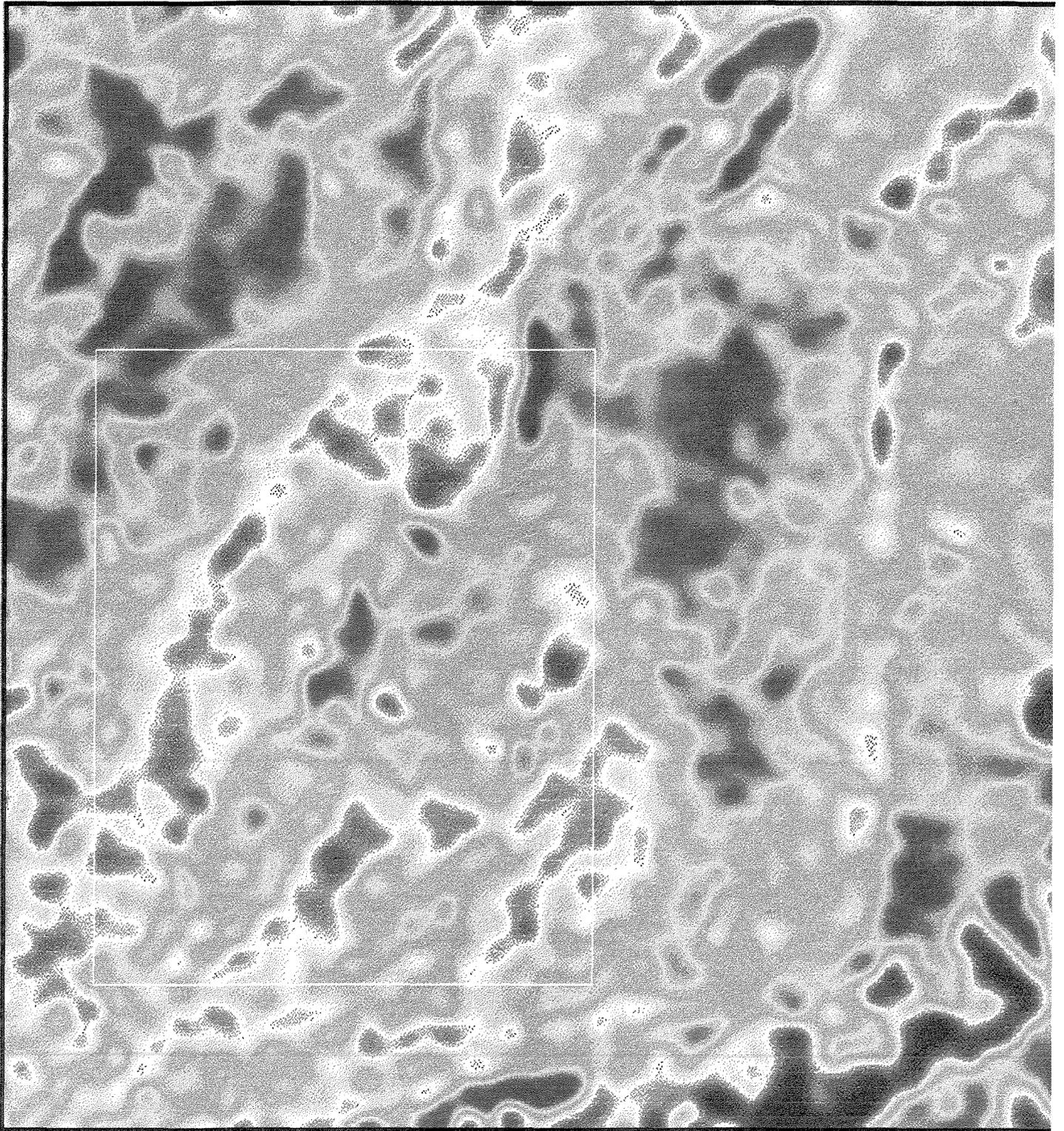


Fig.no 4.3 -Imagem de 4 bytes do canal de potássio obtida pelo Er_Map a partir da importação dos dados gridados xyz.

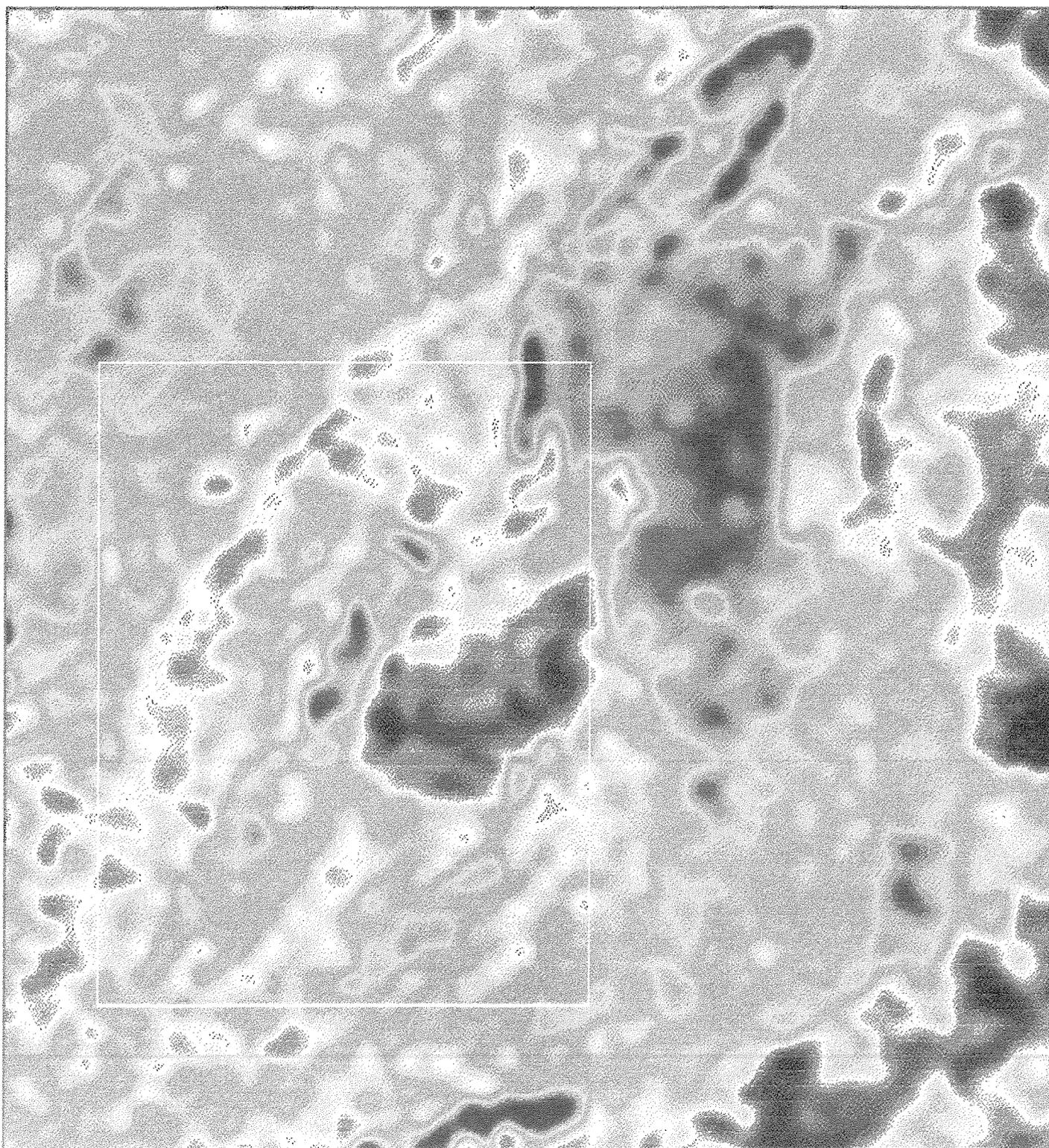


Fig.no 4.4 -Imagem de 4 bytes do canal de Contagem Total obtida pel ER_Mapper a partir da importação dos dados gridados xyz.

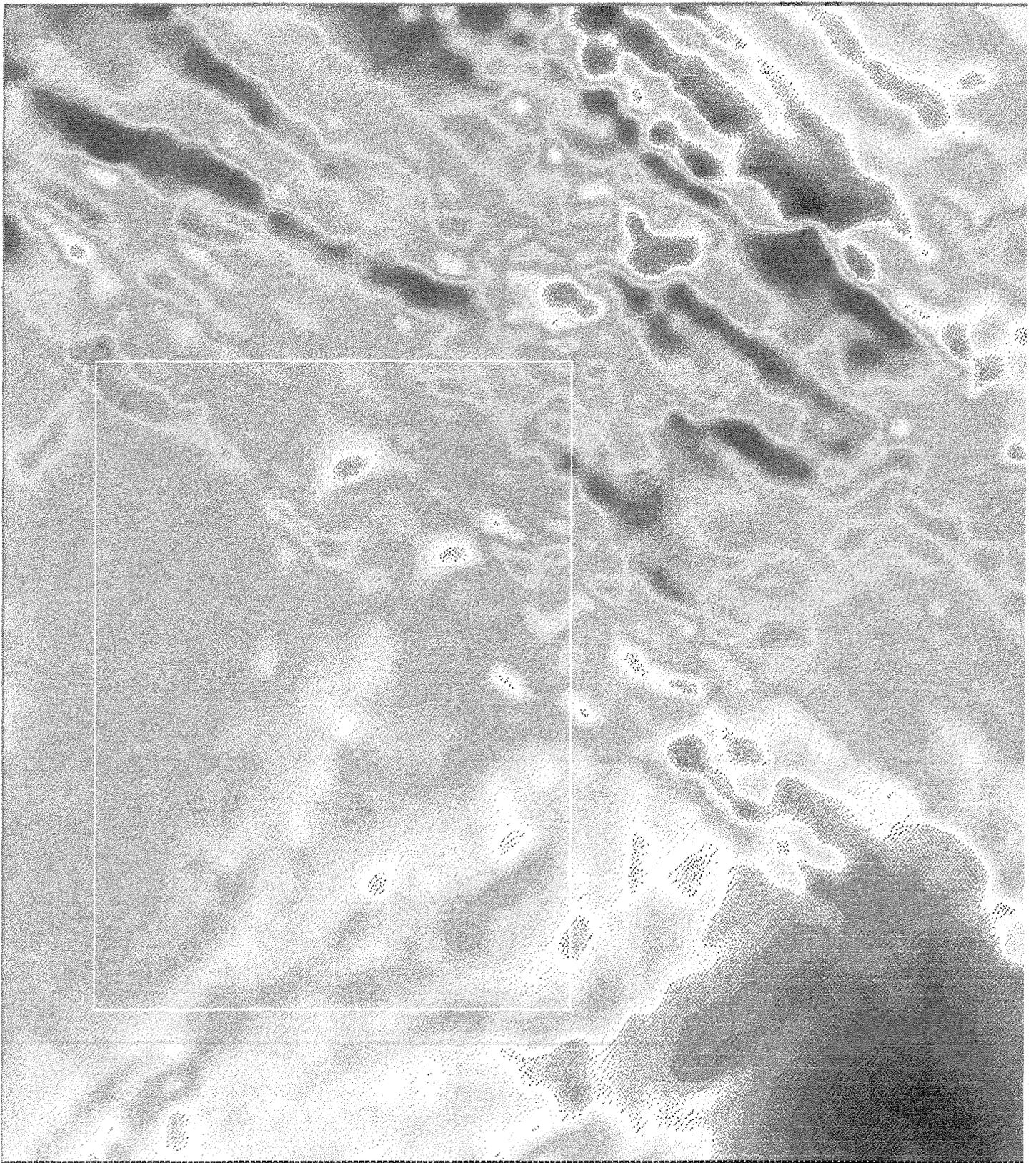


Fig.no 4.5 - Imagem de 4 bytes pseudocolor resultante dos dados gridados 250x25 de magnetometria, onde as anomalias verdadeiras encontram-se fora da área.

O dado negativo para o canal de potássio (-5,3) é resultante da interpolação, porém para efeito de classificação o mesmo foi incluído na faixa de *background* que varia do valor mínimo até a média.

Utilizou-se da metodologia descrita por Lepeltier, (1969) para separação de populações e com isto reclassificar as imagens geofísicas no “ER MAPPER”, as quais sofreram tratamento digital através de *smoothing* ou seja suavização dos contornos, um aumento de contraste através de transformação linear e Gaussiana, além de aplicação de filtros direcionais.

A filtragem é uma técnica utilizada para realçar ou suavizar a existência de gradientes de níveis de cinza no limite entre duas áreas diferentes. Variações suaves dos gradientes caracterizam feições de baixa frequência, enquanto que as mudanças bruscas constituem feições de alta frequência. Os filtros que separam estas componentes são denominados de passa-baixa e passa-alta, respectivamente. Existem duas formas de implementar as filtragens: uma no domínio da frequência, através das transformadas de Fourier, e outra no domínio espacial, usando-se o processo de convolução (Crósta, 1992)

Na convolução, os filtros são aplicados por varredura em toda imagem através de uma malha quadrada de tamanho variável, que é centrada sequencialmente em cada pixel da imagem e abrange os pixels vizinhos. O valor gerado para cada pixel corresponde ao resultado de uma operação matemática entre o valor deste pixel e sua vizinhança. Entre os filtros passa baixa, os mais comuns são os de moda, média e mediana. Além dos filtros de passa-alta e passa-baixa existem os filtros direcionais, que realçam bordas em direções pré-determinadas.

Os *grids* gerados no “GEOSOFT” através do módulo “rungrid” foram importados para o “ER MAPPER” como arquivos “xyz” em ASCII, gerando imagens correspondentes aos canais da gamaespectrometria e da magnetometria residual. Nas imagens de radiometria não foi feito nenhum tratamento, porém na imagem de magnetometria foi aplicado um filtro passa-baixa(tipo média 3x3) como pode ser observado na Figura 4.6. Criou-se os algoritmos magNW e magNE onde foram utilizados filtros direcionais para realçar as feições NW e NE. Na imagem original foi aplicada uma transformação radiométrica do tipo Gaussiana e o histograma foi expandido até o limite (aumento de contraste). Todas as imagens foram gravadas como algoritmos e depois salvas como *dataset* em Integer 8Bits, para posterior exportação.

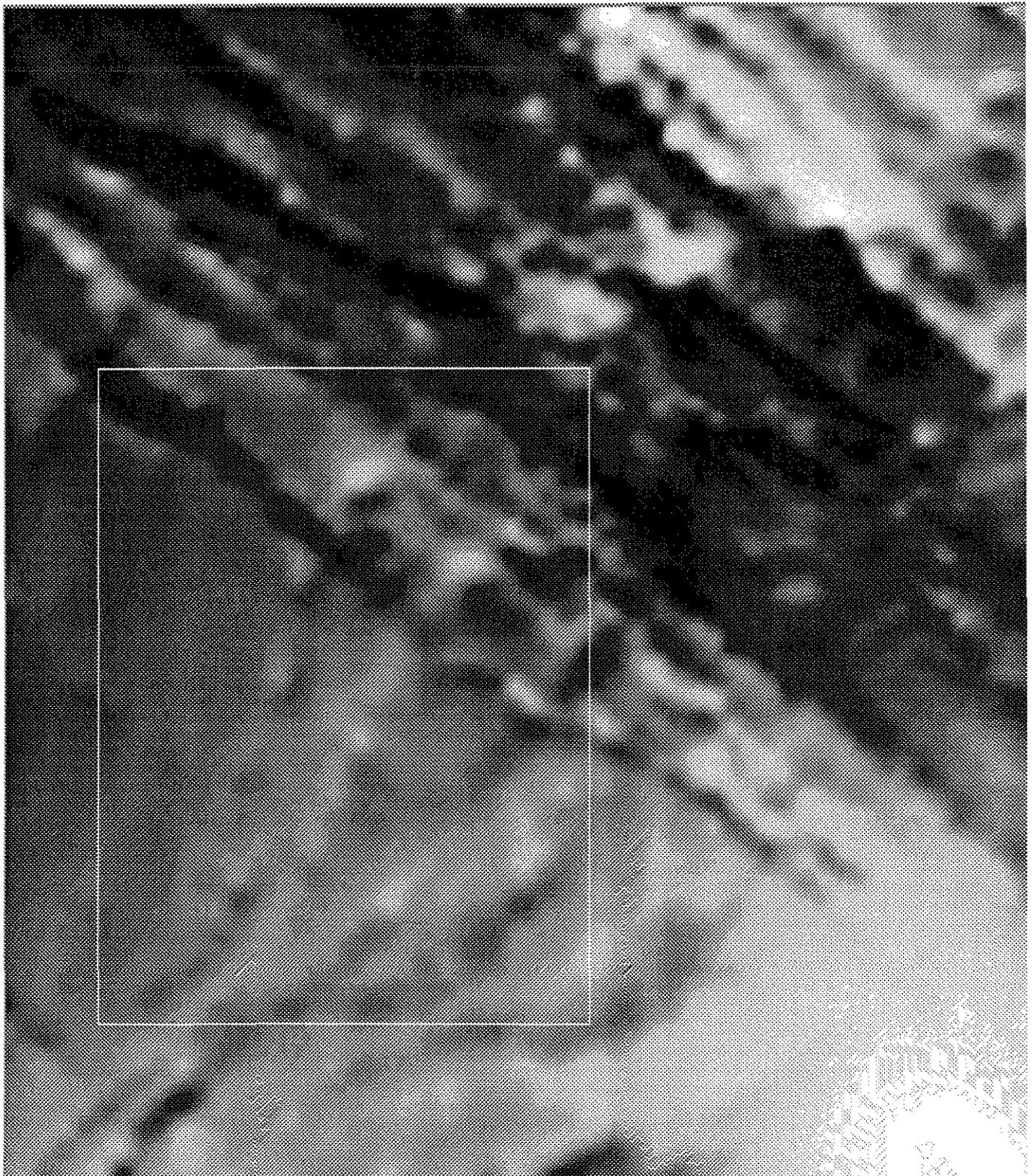


Fig.no 4.6 - Imagem resultante dos dados magnetométricos gridados parte da região do Vale do Ribeira. Utilizou-se filtro passa baixa (méc e aumento de contraste não linear através da normalização do histogra

Uma vez importadas as imagens para o "GRASS", foi criado um *header* para cada uma delas, já que o *software* que executa o tratamento digital grava cada imagem em dois arquivos distintos. Cada imagem gerada foi reclassificada "3" de forma a criar correspondentes às anomalias verdadeiras e as de 2ª ordem, segundo a determinação prevista por Lepeltier, (1969) (Figs.4.7 e 4.8). Em seguida foram reamostradas "4", para manter a topologia da imagem original que foi reclassificada.

Para se obter uma composição colorida as imagens foram transformadas em tons de cinza "5". O próximo passo foi agrupar todas as imagens reclassificadas de gamaespectrometria "6" correspondentes às anomalias verdadeiras. Na sequência criou-se um novo histograma "7" para cada uma das imagens que se encontram agrupadas. Com as imagens agrupadas, referentes a cada canal construiu-se uma composição colorida RGB "8".

4.3 - DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A interpretação dos dados referentes aos levantamentos magnéticos pode ser realizada por meio de avaliações qualitativas (informações sobre alinhamentos) ou quantitativas (dados de profundidade) Rolim, (1993).

A interpretação de um mapa aeromagnético tem como objetivo preliminar separar regiões com anomalias magnéticas de amplitudes e características semelhantes. Estas amplitudes são medidas acima e abaixo do nível de *background* local e são divididas em faixas que vão servir para traçar os limites entre as unidades magnéticas. Dentro dessas unidades cada anomalia individualizada deve ser analisada quanto à sua forma, polaridade, densidade espacial etc. que certamente irão indicar se os minerais magnéticos responsáveis por aquela anomalia são estratiformes ou localizados, se estão em profundidade ou próximo da superfície, se acompanham um mergulho abrupto ou suave ou se ainda apresentam uma magnetização remanente ou normal.

Na interpretação da magnetometria, o ambiente geológico pode somente ser inferido considerando certas tendências gerais. É necessário que se tenha por trás dos mapas magnéticos, informações geológicas e geoquímicas, sem as quais torna-se impossível interpretar a história geológica de uma determinada região baseando-se apenas nos mapas magnéticos.

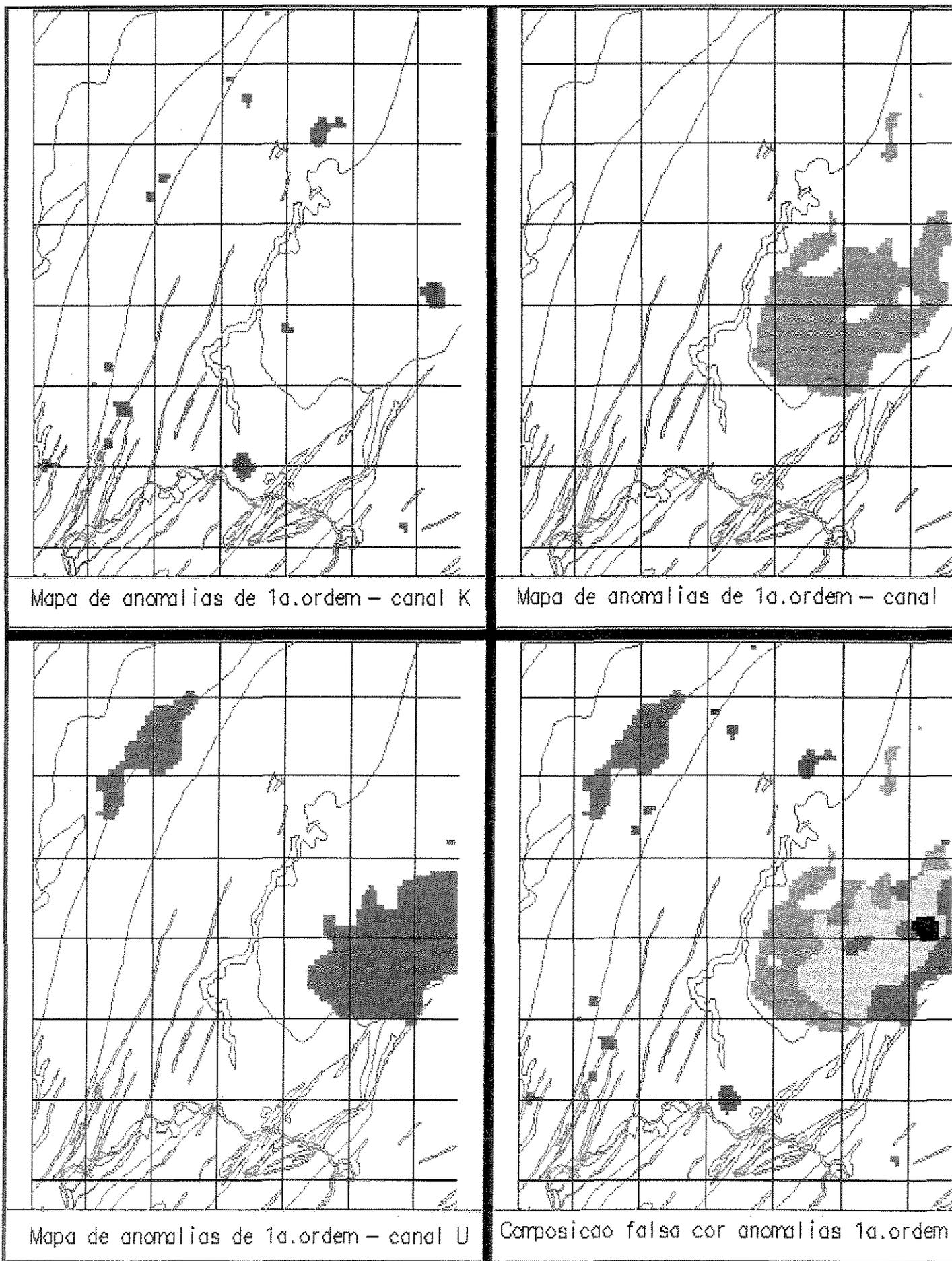


Fig.no 4.7 - Imagens reclassificadas dos canais de K, Th e U para anomalias verdadeiras, de acordo com Lepeltier, 1969.

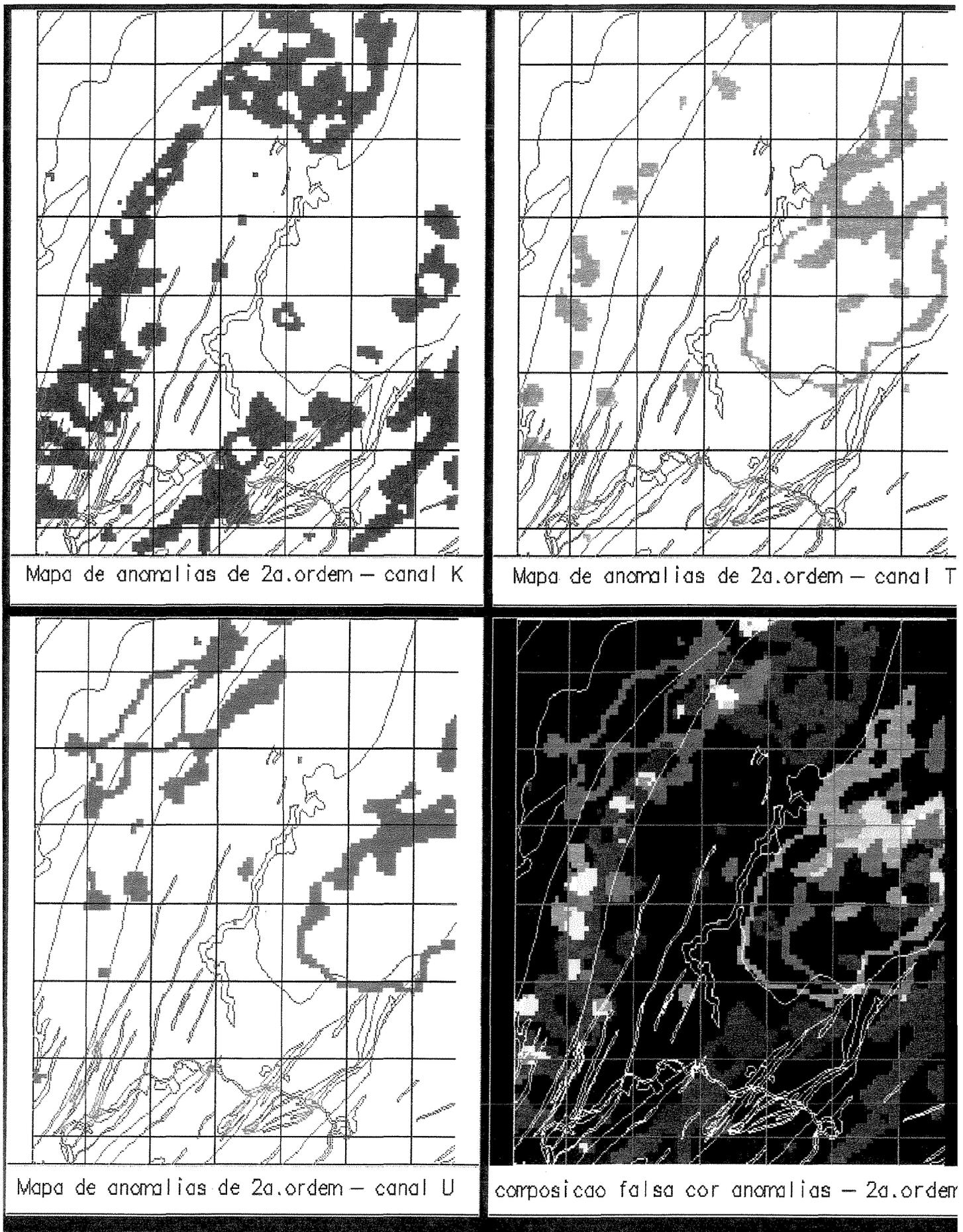


Fig.no 4.8 - Imagens reclassificadas dos canais de K, Th e U para as anomalias de 2a. ordem, de acordo com Lepeltier(1969).

Por vezes uma mesma assinatura magnética observada em um levantamento geofísico pode corresponder a diferentes ambientes geológicos. No caso de uma anomalia intensa de forma elíptica ou circular pode estar associada à uma intrusão que pode ser tanto de natureza ácida quanto intermediária ou até mesmo básica, pois na realidade a anomalia está apenas indicando um corpo geológico mineralizado à magnetita.

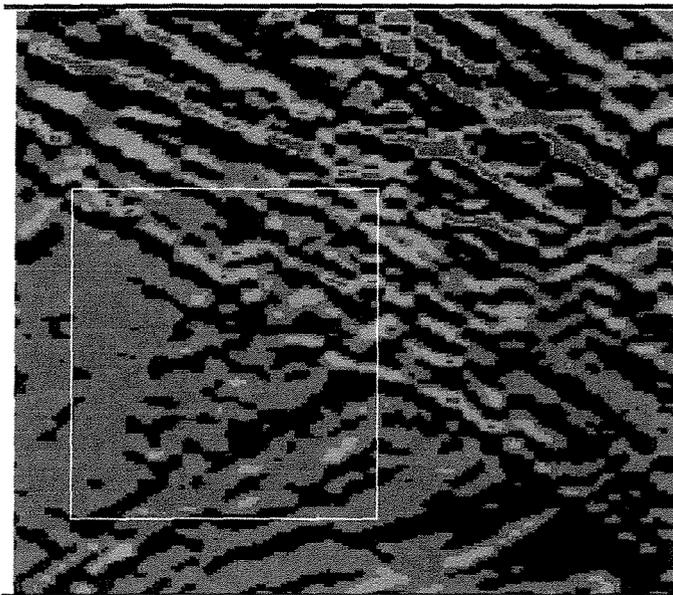
A assinatura da área de estudo apresenta um bom contraste magnético onde as anomalias estão evidenciadas pelos tons vermelhos e amarelos vistos na figura 4.5. As anomalias verdadeiras evidenciam as estruturas de direção NW que são fraturas preenchidas por diques de diabásio e/ou gabro e as feições estruturais marcantes das zonas de cisalhamento. Apenas para efeito de visualização, os dados foram agrupados em 4 categorias como pode ser observado na figura 4.9

Através da aplicação de filtro direcional NE na imagem magnetométrica ficou evidenciado a presença de diques de diabásio que apresentam uma estruturação NW e com um filtro direcional NW pode-se notar as feições relacionadas às zonas de cisalhamento que possuem um trend NE, como podem ser vistas na Figuras 4.10 e 4.11.

Ao se observar o mapa de susceptibilidade magnética aparente constata-se que as anomalias estão direcionadas e relacionadas aos corpos diqueiformes que se encontram na área representados por diabásio e por vezes gabros, como observado na Figura 4.12.

Nos sedimentos arenosos o teor de U é baixo devido a facilidade de lixiviação desse elemento, porém quando o sedimento é derivado de rochas ígneas que contém minerais resistentes de U e Th, estes podem ocorrer em concentrações anormais. Os arenitos ricos em matéria orgânica podem apresentar radioatividade alta devido a precipitação de U em ambiente redutor.

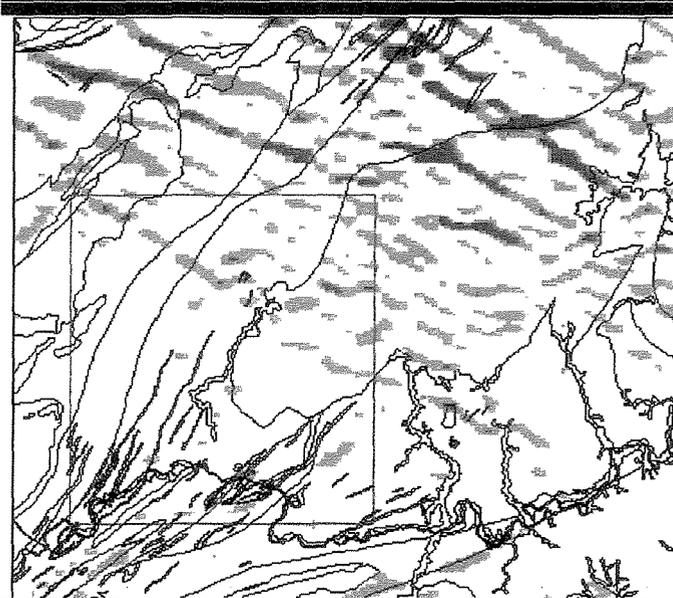
Nos carbonatos, a concentração de Th é baixa pois o elemento não penetra com facilidade na estrutura dos minerais, o mesmo não acontece com U que pode substituir o cálcio. O conteúdo de Th dessas rochas aumenta com o aumento das impurezas (Roger e Adams, 1969)



CONVENÇÕES

-  anomalia magnética muito alta
-  anomalia magnética alta
-  anomalia magnética baixa
-  background magnético
-  limite da área de estudo

Imagem de 8 bits gerada pelo ER MAPPER e importada para o GRASS



CONVENÇÕES

-  anomalia verdadeira (357,5 a 702,1nT)
-  anomalia 2a.ordem (266,5 a 357,4nT)
-  limite da área de estudo

Obs: overlay do mapa geológico no formato vetorial

Fig.no 4.9

Imagem reclassificada da magnetometria destacando as anomalias e a geologia

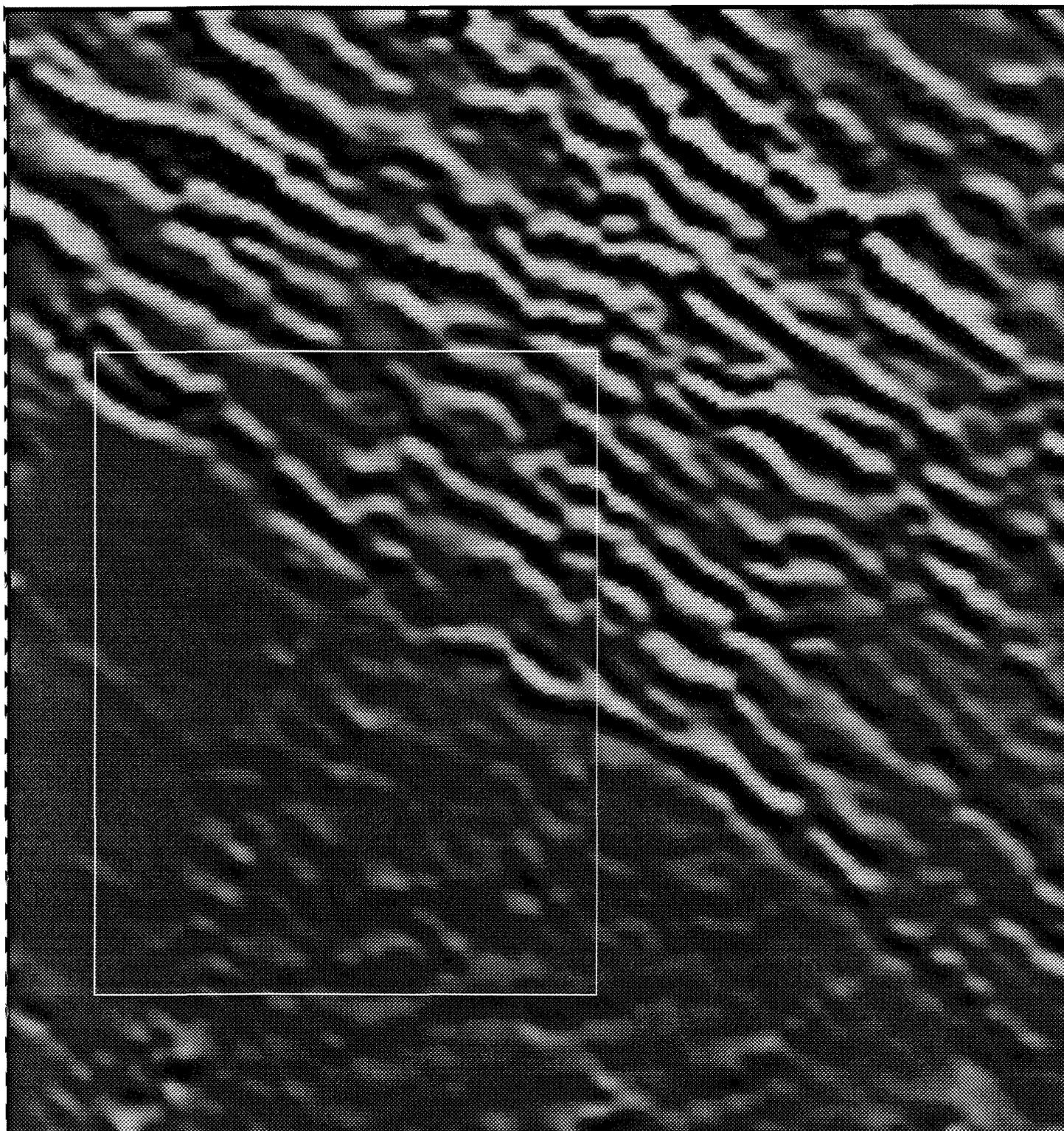


Fig.no 4.10 - Mapa magnetométrico com aplicação de filtro direcional NE destacando-se os diques de diabásio estruturados na direção NW.

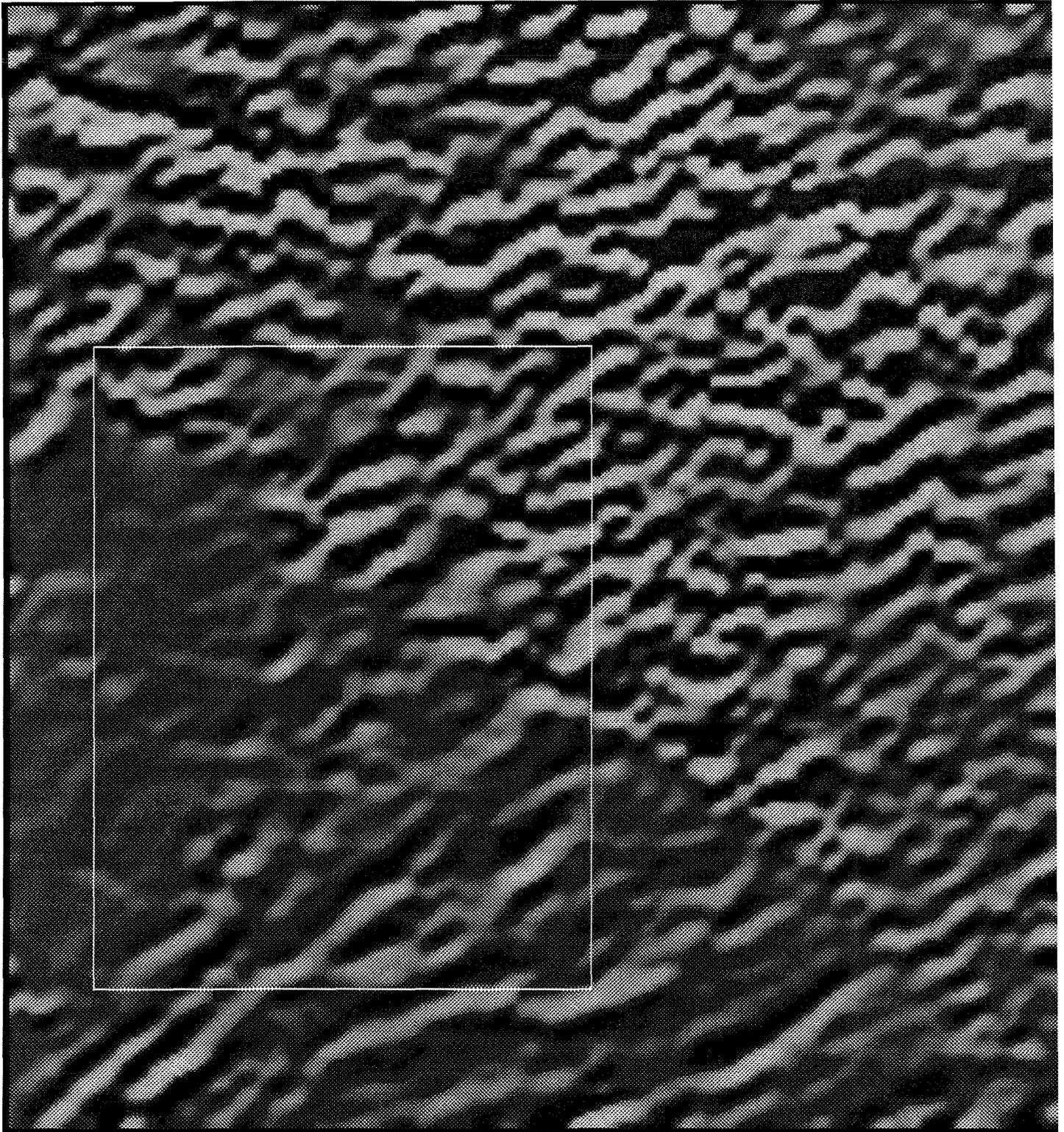


Fig.no 4.11 - Mapa magnetométrico com a aplicação de filtro direcional N^o destacando-se as estruturas regionais de trend NE.

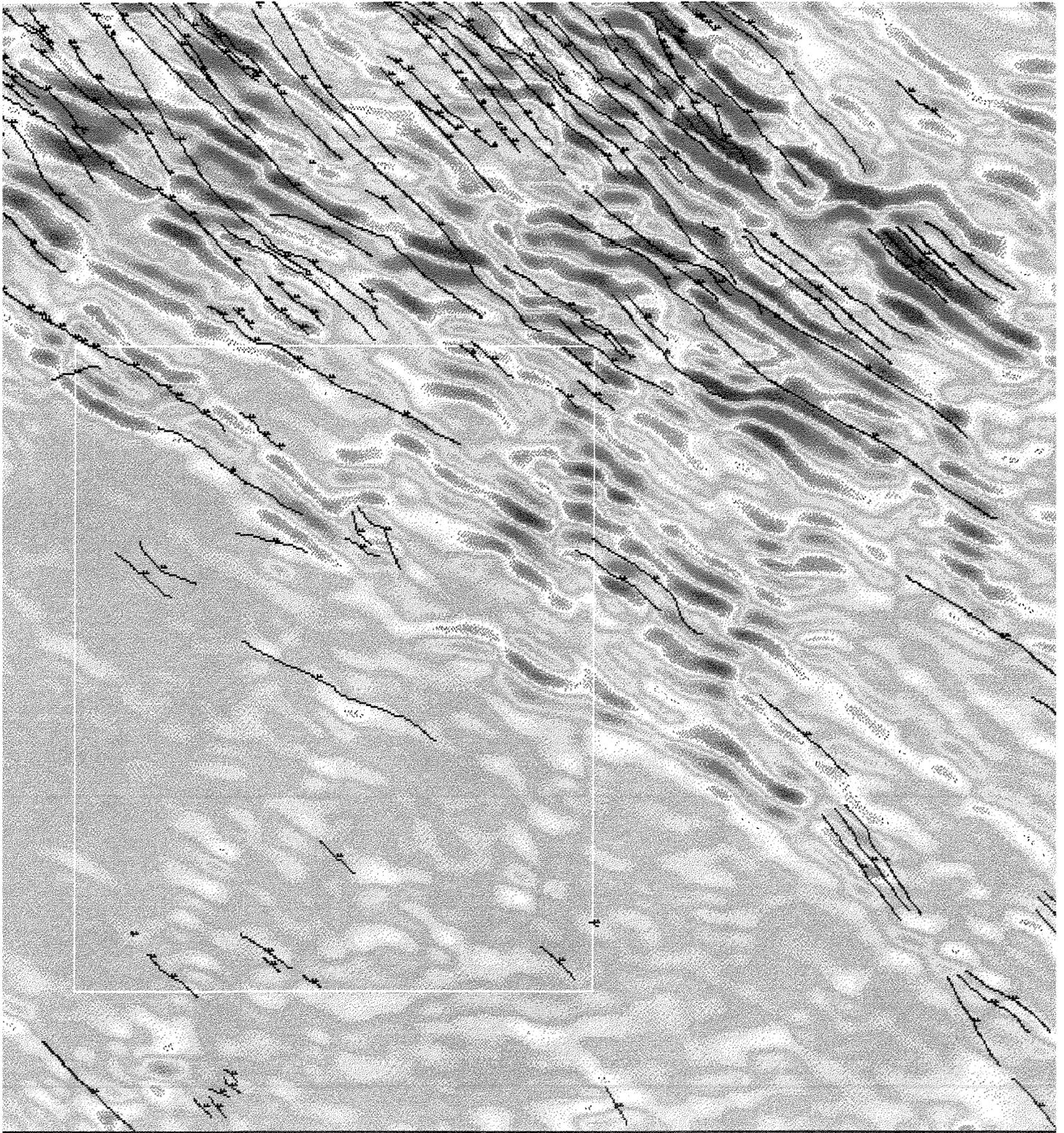


Fig.no 4.12 - Imagem de susceptibilidade magnética aparente onde as anomalias representativas parecem estar relacionadas aos diques de diabásio.

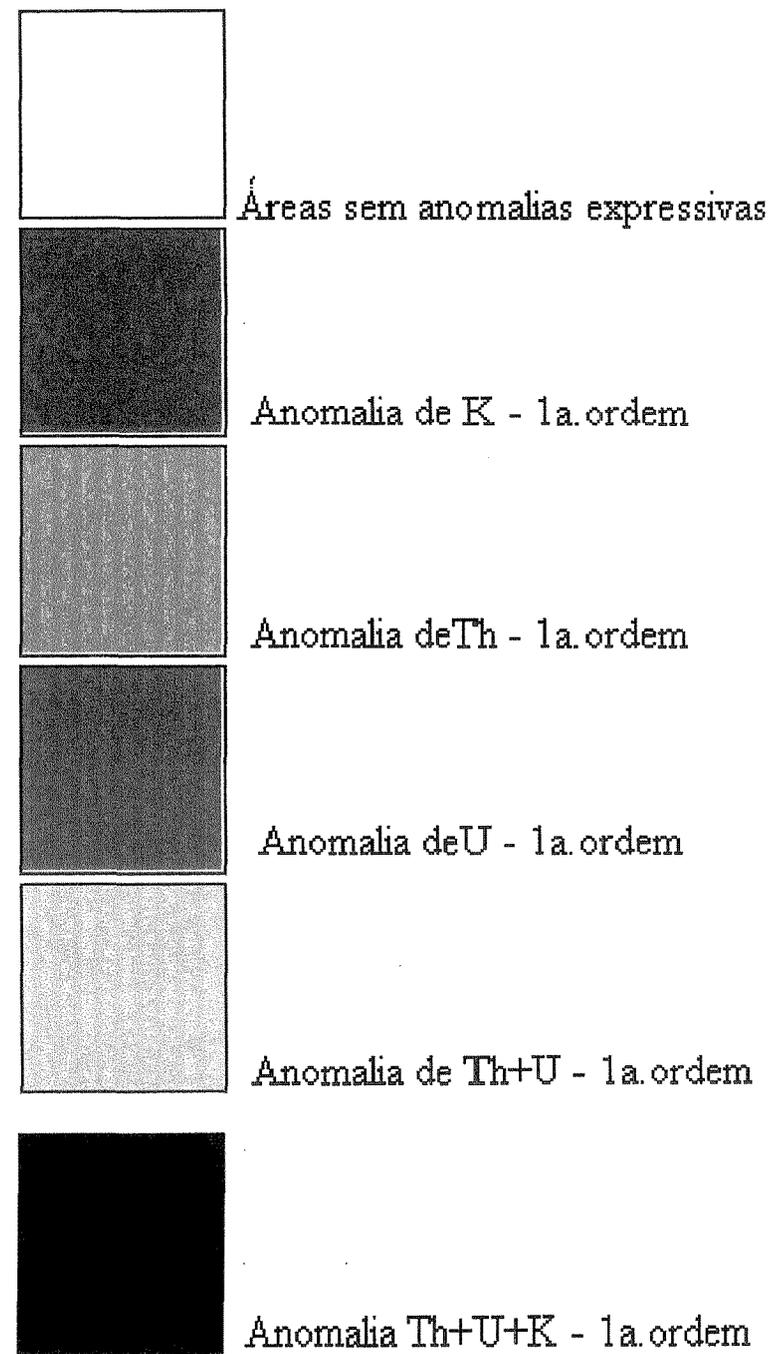
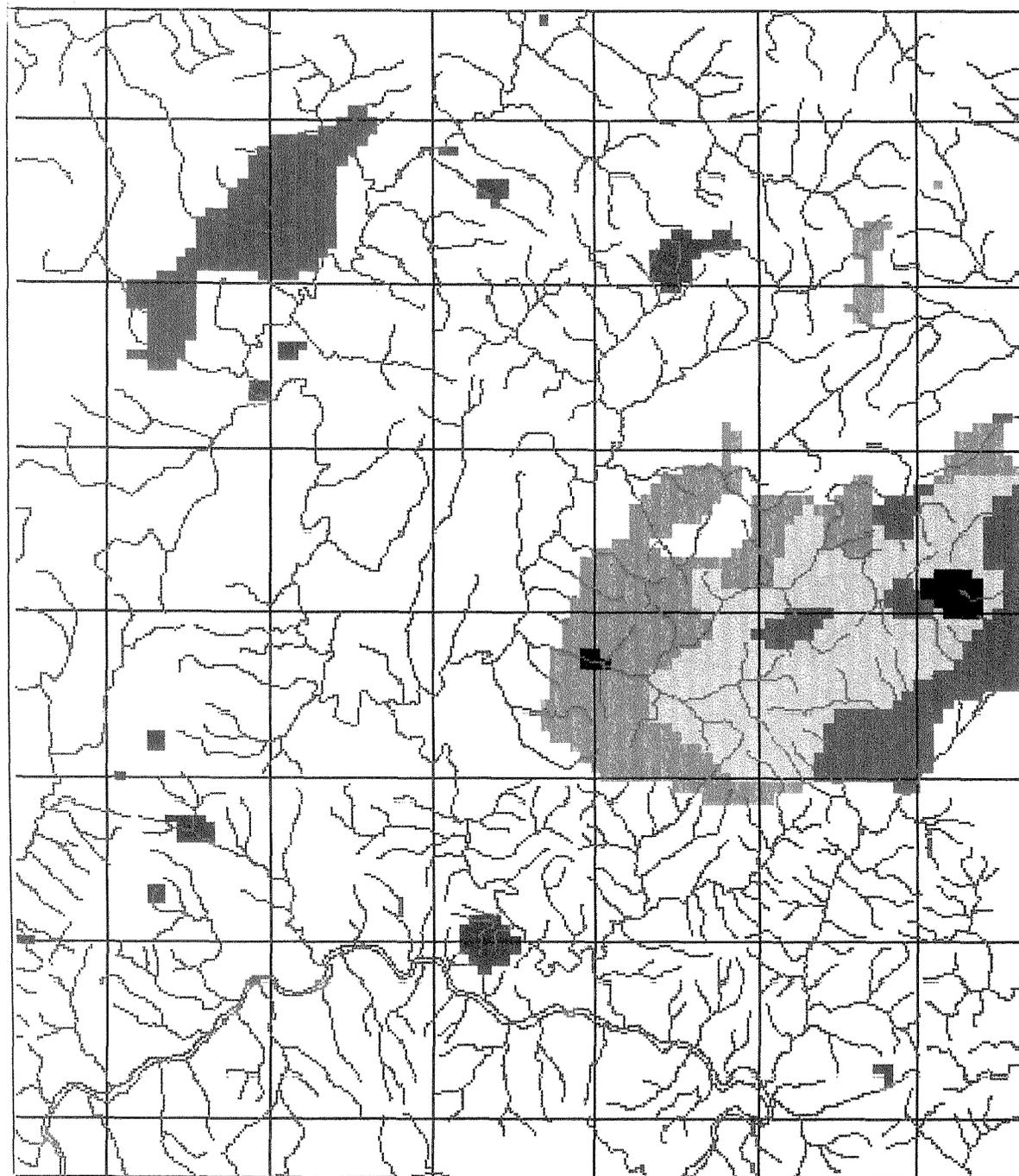
Utilizando-se as imagens correspondentes aos canais de radiometria que foram agrupadas, atribuiu-se a imagem de potássio à componente R(red), de tório à componente G(green) e de urânio à B(blue). Desta forma foi possível, criar uma composição colorida (Kthu1.rec) para as anomalias verdadeiras, onde a existência de 8 categorias diagnosticam as áreas em que existem cada componente isolado ou associado, representando assim preto a região de *background* para os três canais. Assim as cores primárias e as aditivas representam: vermelho (potássio), verde (tório), azul (urânio), magenta (potássio+urânio), cyan (tório+urânio), amarelo (potássio+tório) e finalmente o branco que representa a coincidência entre as anomalias verdadeiras nos três canais, como visto na Figura 4.13.

As anomalias de 1ª ordem ou verdadeiras de potássio que ocorrem na Formação Perau, representada por metapelitos e filitos, aparecem por vezes associadas a zonas de intersecção entre fraturas NW e as que acompanham o trend regional NE e por vezes próximas de zona de cisalhamento, como pode ser visto na porção SW da área. Outras anomalias foram detectadas próximas às faixas de metaconglomerados polimíticos dentro da Formação Iporanga e às faixas de metabasitos da Formação Perau, concordantes com a estruturação NE, como pode ser observado na Figura 4.14.

As anomalias de 1ª e 2ª ordem de urânio estão restritas a uma faixa de contato entre o Sub-grupo Lageado (mármore) e a Formação Iporanga (filitos, metargilitos e metarenitos). No batólito granítico de Agudos Grandes, o urânio ocorre como anomalia verdadeira na porção E/SE e conjugada com o tório na porção central do corpo, diagnosticando desta forma uma possível variação de fácies, conforme demonstra a Figura 4.15.

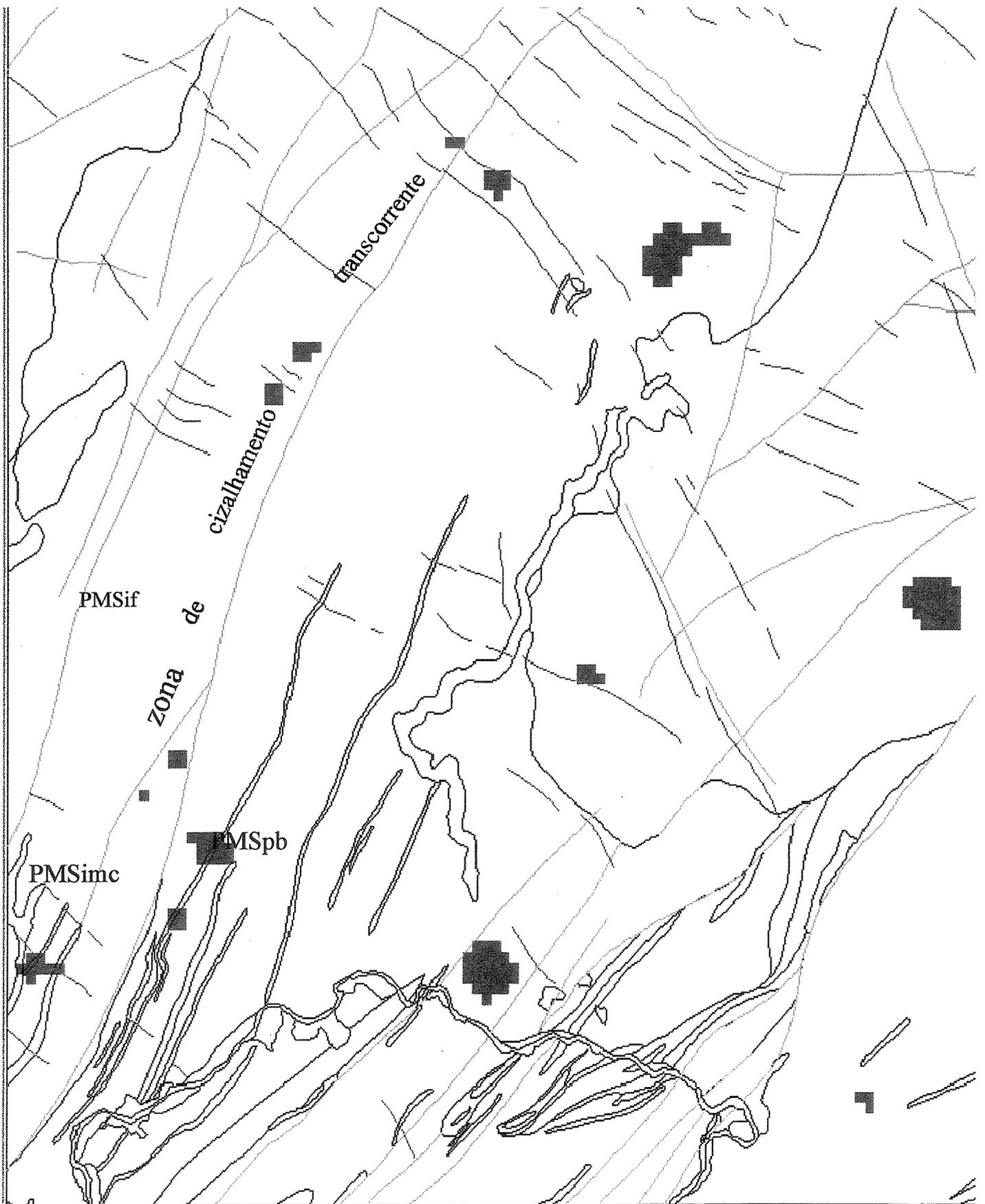
A Formação Iporanga (filitos, metargilitos e metarenitos) apresenta em toda a sua extensão, acompanhando o trend NE, uma sequência de anomalias de 2ª ordem de potássio e tório e alguns locais onde há a superposição das mesmas. Muito localmente há a conjugação das três anomalias radiométricas, como pode ser observado próximo ao contato das formações Iporanga e Perau (Fig. 4.16).

Com relação ao tório, este apresenta anomalia primária e secundária no corpo granítico de Agudos Grandes mais ao norte e na borda SW e juntamente com o potássio e urânio na parte mais oriental (Figs. 4.14, 4.15 e 4.16). Não há ocorrência de anomalia de 1ª ordem fora do granito. Uma anomalia de 2ª ordem apresenta contorno marcante ao redor do contato do granito com a Formação Perau. (Fig. 4.17).

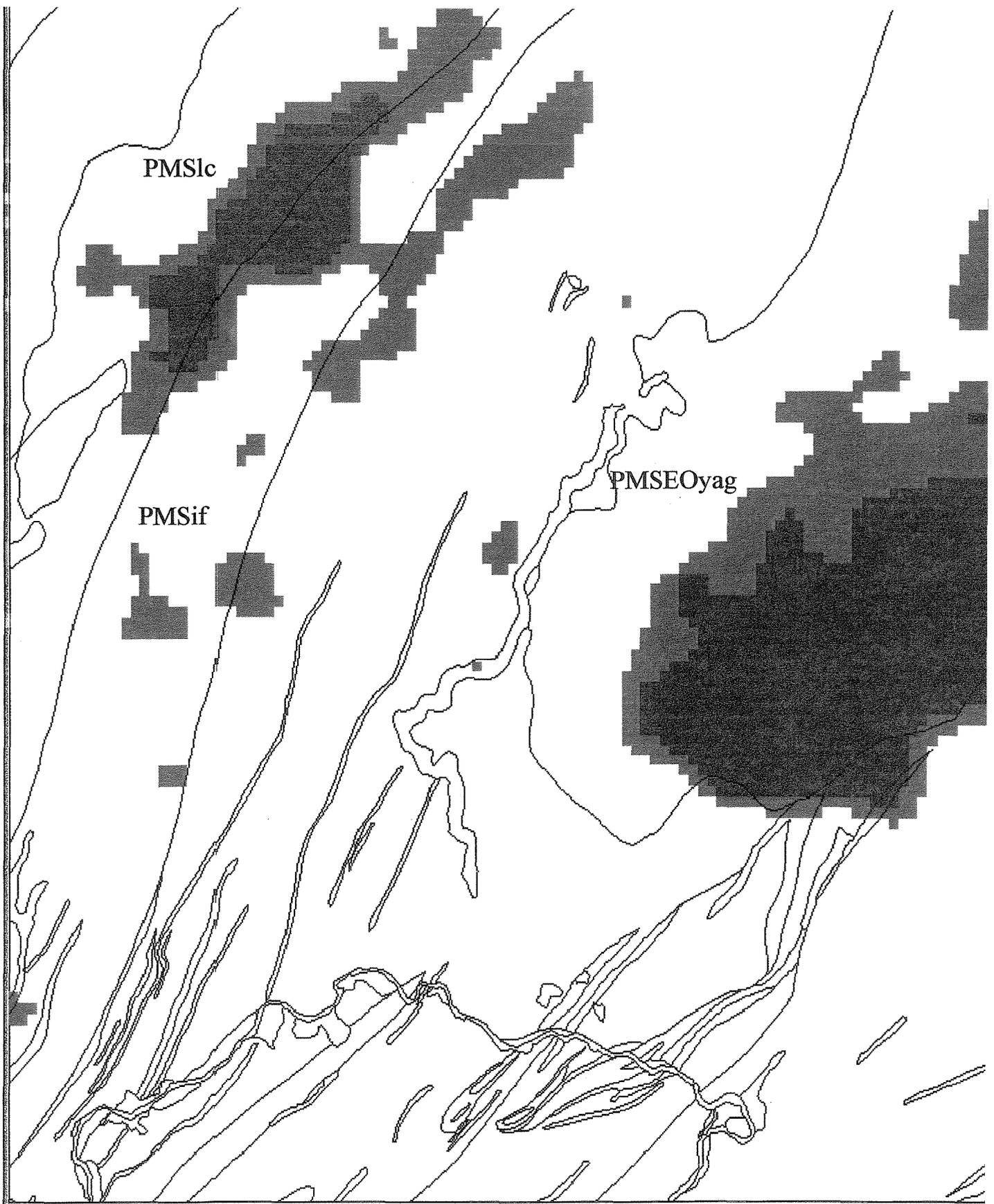


Mapa das anomalias radiométricas de 1.ª ordem

Fig. no 4 13



PMSif - Fm. Iporanga (filitos, metargilitos e metarenitos), PMSimc - Fm. Iporanga (metaconglomerado polimictico), PMSpb - Fm. Perau (metabasito)
 Fig. no 4.14 - Representação espacial das anomalias radiométricas de K, utilizando-se técnica de análise espacial de operação de overlay de imagens raster x vetor.



PMSlc -Subgrupo Lageado (mármore), PMSif -Fm.Iporanga (filitos,metargilitos e metarenitos), PMSEoyag-Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiróide).

Fig.no 4.15 - Representação espacial das anomalias radiométricas de 1a. 2a.ordem de U, relacionadas às diversas unidades estratigráficas da área.

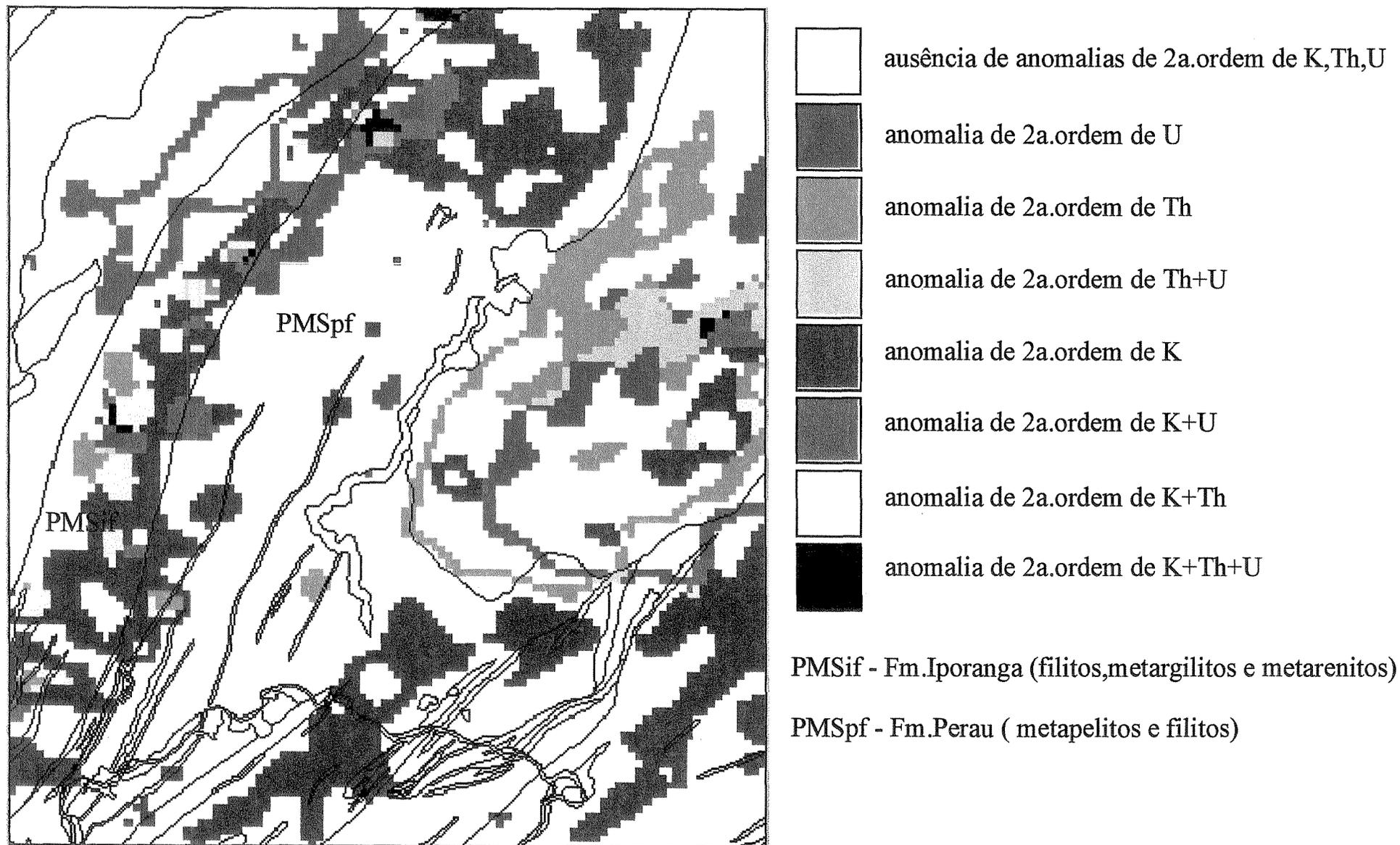
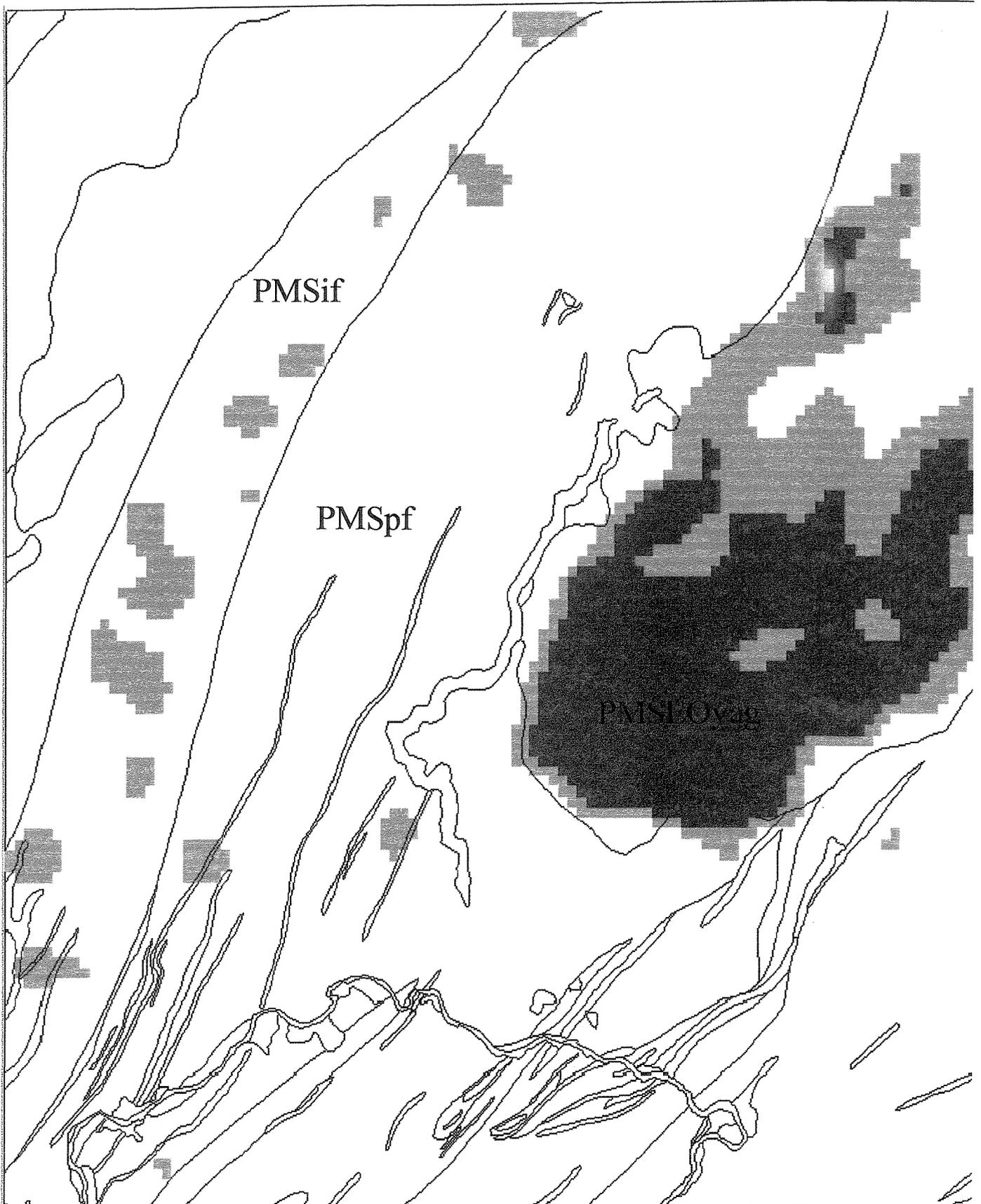


Fig.no 4.16 - Distribuição espacial das anomalias radiométricas de 2a.ordem dos canais de K e Th nas áreas de exposição das litologias das Fm.Perau e Iporanga



PMSif -Fm.Iporanga (filitos,metargilitos e metarenitos),PMSpf -Fm.Perau(meta pelitos e metarenitos, PMSEOyag -Gr. Agudos Grandes(biotita-grn. porfiróide)
 Fig.no 4.17- Representação espacial das anomalias radiométricas de 1a e 2a.ordem de Th, relacionadas às diversas unidades estratigráficas.

A unidade de metapelitos da Formação Perau (PMSpf) não apresenta-se totalmente homogênea conforme o mapa geológico, podendo existir outros tipos litológicos não pertencentes a esta unidade que não foram mapeados durante os trabalhos de campo. Neste caso incluem-se as regiões a W do granito Agudos Grandes e a porção E/SE da zona de cisalhamento Ivaporunduva e faixa Pilões.

As unidades compostas na sua maioria por rochas pelíticas (formações Perau e Iporanga e Sub-grupo Lageado) apresentam valores médios a altos de potássio (anomalias de 2^a ordem e anomalias verdadeiras). Esses valores anômalos podem estar relacionados a minerais do tipo K-feldspato e micas.

A porção SW do granito Agudos Grandes mapeado como biotita-granito porfiróide, com passagens a quartzo-monzonito e granodiorito parece representar fácies diferentes do conjunto total e distingue-se perfeitamente do granito Espírito Santo (granito tipo A a quartzo-sienitos), provavelmente em função dos valores mais altos em tório e urânio, como atestam as Figuras 4.14, 4.15 e 4.17.

CAPÍTULO 5 - INTEGRAÇÃO DOS DADOS A PARTIR DE UM SIG

5.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

Os primeiros Sistemas de Informações Geográficas surgiram na década de 60, com o desenvolvimento do SYMAP (1965) por Howard Fisher e uma equipe de programadores no The Laboratory for Computer Graphics no Graduate School of Design at Harvard University e da criação do The Canadian Geographic Information System ou CGIS como veio a ser conhecido em 1966 por R.Tomlinson, citados por Maguire, (1992).

Existem várias conceituações para um Sistema de Informações Geográficas, das quais podemos destacar as de Aronoff, (1989); Ozemoy, (1981); Star & Estes, (1990); Burrough, (1986) e Silva, (1996).

Ozemoy, (1981) define um SIG como sendo um elenco de funções automáticas que fornece aos profissionais com avançada capacidade, o armazenamento, recuperação, manipulação e exibição de dados geograficamente localizados. Burrough, (1986) descreve-o como um poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados referenciados ao mundo real. Aronoff, (1989) já admite o SIG como sendo qualquer conjunto de procedimentos manual ou computacional usado para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados. Star e Estes, (1990) define-o apenas como sendo um sistema que surgiu como um meio de reunir e analisar diversos dados espaciais. Silva, (1996) propõe que um SIG antes de mais nada deve usar o meio digital tendo um banco de dados integrados e geo-referenciados e finalmente possuir funções de análise que variem desde algébricas cumulativas (operações matemáticas) até algébricas não-cumulativas (operações lógicas).

Um SIG tem como característica gerar e manter mapas em diversas escalas, obter através de objetos geo-referenciados, associações com informações geográficas, cadastrais alfanuméricos, além de outras informações, fazer análises baseando-se no relacionamento espacial de diversos pontos de informação, possuir estrutura de armazenamento de dados em forma de atributos, ter banco de dados corporativos e incrementais, conter funções de busca no espaço a partir de dados alfanuméricos, relações topológicas, operações de sobreposição temática. Além disso tem que ter a característica específica de trabalhar com raster, multiplicar aplicativos prontos para uso, executar MDT, ter

aceitação de formatos diversos, integração com SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) e poder sofrer atualização tecnológica. Algumas características estratégicas como gerar produtos consolidados, multiplataforma, ter um processamento distribuído e flexibilidade de I/O também são importantes.

Os SIG's operam mapas que permitem a associação de domínios espaciais pontuais, lineares e poligonais. Os pontos em si representam associações adimensionais, as linhas representam associações unidimensionais e as áreas representam as associações bidimensionais. Ele deve ser capaz de representar graficamente o mundo real com a sofisticação de um CAD e ao mesmo tempo permitir a análise de dados disponíveis em diferentes níveis conceituais, com vários graus de complexidade.

O SIG trabalha com resolução espacial e não com escala, podendo-se obter o produto final com qualquer escala. A resolução espacial é o tamanho do pixel em relação à escala do mapa analógico. A informação gráfica dos mapas obtida através das *plotters* mais sofisticadas permitem a representação de traçados de linhas variando de 0,15mm a 0,8mm. Estes valores multiplicados pela escala a que se propõe o produto final dará o intervalo mínimo e máximo da resolução espacial que deverão ter os mapas no formato raster.

O SIG associa atributos gráficos e não gráficos de recursos cartográficos e possui uma estrutura de dados baseada em relações topológicas. Essas relações são responsáveis pelos diversos tipos de análises de dados geográficos que um SIG consegue executar, enquanto que o sistema CAD apenas automatiza a função de desenho.

A principal vantagem do SIG é que ele permite a relação espacial entre as entidades dos mapas, unindo os dados espaciais a informações geográficas em torno de uma entidade particular do mapa. Neste caso a informação geográfica é armazenada como entidade de um objeto geograficamente representado. Eles são antes de tudo sistemas gerenciadores de informações, que ajudam na integração de dados coletados nas mais diferentes fontes. Neste caso, a estrutura lógica em que os dados estão armazenados vai determinar o grau de flexibilidade do Sistema (SIG).

O objetivo geral de um SIG é o de permitir experimentos com representações gráficas diferentes, usando os mesmos dados, produzindo resultados mais sofisticados, possibilitando a automação de atualização, revisão e produção de mapas e finalmente revolucionando a análise quantitativa de dados espaciais. Utilizaremos aqui o termo *processo* (Ferguson, 1993) para se referir a entrada, conversão e transferência de dados

existentes em formato analógico para o formato digital, tendo como finalidade alimentar bancos de dados espaciais (BDE em Sistemas de Informações Geo-referenciadas) SIG.

Neste primeiro processo pode-se utilizar *scanners* ou mesas digitalizadoras. O produto gerado pela escanerização apresenta-se no formato raster e o tamanho do pixel, assim como o arquivo digital resultante, depende da resolução espacial do equipamento utilizado. O produto derivado da digitalização manual possui formato vetorial e a exatidão do arquivo digital resultante, depende muito da escala do mapa, da resolução da mesa digitalizadora e finalmente da habilidade do operador.

Os produtos gerados por *scanners* são processados como imagens dentro de programas de PDI (Processamento Digital de Imagem) e SIG (Sistema de Informação Geográfica), onde os atributos que se associam ao desenho não podem ser tratados como entidades.

Existem duas maneiras de se trabalhar com arquivos de dados de imagem captada por *scanner* com aplicações CAD, SIG e outras tecnologias baseadas em arquivos vetoriais: o uso de dados raster e vetoriais simultaneamente, através de *softwares* que fazem um “*overlay*” dos vetoriais do CAD/SIG sobre os dados raster e, o uso de *softwares* de conversão “*raster-to-vector*” (Scarin e Teixeira, 1994), processo denominado de vetorização.

Guimarães Filho, (1994) descreve muito bem uma metodologia para intercambiar dados entre programas de CAD (Computer Aided Drafting), um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (GEOMIG), um Sistema de Processamento Digital de Imagens (ER MAPPER) e um Sistema Geográfico de Informações (GRASS 4.1). Existem vários programas de vetorização de dados em formato raster, porém nem todos possibilitam a individualização de entidades no desenho. Esta individualização consiste na caracterização de cada entidade que compõe um desenho.

Entende-se por dado espacial qualquer dado que esteja relacionado a um par de coordenadas e que possua um atributo. Neste caso, o atributo é um dado não-espacial e que corresponde a um valor ou uma característica de um determinado pixel. Na maioria das vezes os dados espaciais representam superfícies contínuas e são também chamados de ente espacial, entidade espacial ou objeto espacial.

Os atributos de objetos que são gravados geralmente num Banco de Dados podem ser do tipo espacial ou não-espacial (temporal e temático). No caso do atributo

espacial ficam gravados dados sobre a localização, topologia e geometria dos objetos espaciais. Essas características são peculiares aos SIG's e os tornam diferentes de qualquer outro sistema gerenciador de banco de dados, principalmente por poder manter o relacionamento entre as entidades dos mapas. Os atributos não-espaciais (temporal e temático) são tratados igualmente no SIG e referem-se a idade, medida e no caso dos temáticos referem-se a determinadas propriedades dos objetos que não são nem relacional nem temporal, como por exemplo numa rocha, o tipo de mineral existente ou a presença de um fóssil.

Uma estrutura de dados pode ser encarada como sendo uma forma lógica de organizar as informações de maneira a preservar sua integridade e ao mesmo tempo facilitar o seu uso. No caso de dados espaciais, uma informação localizacional na sua forma digital pode ser armazenada e representada por dois tipos de estruturas: estrutura matricial ou raster e a estrutura vetorial. No caso da informação ser representada pela forma matricial, toda a área em estudo será dividida em células regulares, constituindo os pixels, onde cada célula contém um valor único o qual define a localização das entidades na área em estudo. Já a estrutura vetorial usa as entidades como linhas e pontos para identificar as localizações.

A diferença básica entre as duas estruturas reside no modelo de espaço adotado em cada uma. A estrutura vetorial considera o espaço geográfico contínuo, seguindo os postulados de geometria euclidiana, já a estrutura matricial divide o espaço em elementos discretos.

O modelo de dados espaciais raster tem como arcabouço a estrutura tipo matricial e uma das vantagens do modelo raster é que dados espaciais de diferentes tipos podem ser recobertos sem a necessidade de complexos cálculos geométricos que se requer para sobrepor diferentes mapas como no modelo vetor. Cada *layer* de uma célula do *grid* num modelo raster grava um atributo separado. As células são constantes em tamanho, e são geralmente quadradas, embora retângulos, hexágonos e triângulos equiláteros possam ser usadas. A localização das células estão endereçadas por número de linha e coluna. As coordenadas espaciais não são normalmente armazenadas explicitamente em cada célula, porque a ordem de armazenamento faz isto implicitamente. As informações sobre o número de linhas e colunas mais a localização geográfica da origem estão salvas com cada *layer*.

O tipo básico do modelo vetor vem a ser conhecido como modelo "spaghetti", onde os pontos são representados como par de coordenadas espacial, linhas

como filas de pares de coordenadas e áreas como linhas que formam círculos fechados ou polígonos. Se cada ponto, linha e polígono num mapa geológico é digitalizado com uma linha seguida, as filas resultantes de pares de coordenadas podem ser estocados numa forma relativamente não estruturada. Este modelo direto e a estrutura de dados equivalente é ideal para sistemas gráficos baratos.

Os objetos espaciais podem ser considerados como elementos gráficos. Se os objetos espaciais são estocados com informação de atributo, usualmente com dados espaciais e não-espaciais num mesmo arquivo, pontos podem ser plotados com diferentes símbolos, as linhas podem receber diferentes cores e pesos e polígonos podem ser preenchidos com padrões e cores, dependendo dos valores dos atributos associados. Com constante gerenciamento das bases de dados de objetos espaciais e seus atributos, os objetos espaciais podem ser então selecionados para exibição (*display*) baseado nos critérios de atributos prescritos. Num modelo vetor, os atributos topológicos são essenciais para operações de *overlay* e modelagem eficientes.

A estruturação dos dados vetor de acordo com critérios topológicos é a diferença marcante entre modelo de dados *spaghetti* e o modelo de dados topológico. O sistema CAD oferece impressionante funcionalidade para digitalizar mapas e para exibição de feições selecionadas no mapa, representando e visualizando objetos sólidos com técnicas avançadas de visualização (3D), porém o sistema não descreve o relacionamento entre os objetos espaciais, que é justamente a característica marcante de um modelo topológico.

Os atributos topológicos de objetos espaciais são aquelas características espaciais que são inalteráveis pelas transformações tais como: translação, mudança de escala (*scaling*), rotação e deslocamento. Coordenadas espaciais e alguns atributos geométricos tais como: área, perímetro e orientação são afetados por tais mudanças, porém contiguidade (pertinente à adjacência espacial), continência e conectividade são características topológicas e que permanecem inalteradas. No jargão de SIG, construir a topologia significa adicionar estrutura topológica a um arquivo *spaghetti* e garantindo aplicação planar. A topologia em si é um processo matemático para definir explicitamente os relacionamentos espaciais existentes entre as entidades dos mapas digitais.

As relações espaciais em si são abstrações de associações de entes que subsiste sistematicamente entre os seus domínios espaciais associados. A definição dessas relações deverá respeitar o propósito do modelo e a consistência das propriedades espaciais

dos domínios espaciais associados. As relações redundantes devem ser eliminadas. As relações espaciais podem ser de: continência entre entes espaciais, conectividade, adjacência e proximidade. Todas essas relações são binárias e poderão ter multiplicidade (1:1, 1:n ou n:m) (Almeida, 1994).

A relação espacial de **continência** é definida quando entre dois entes espaciais, a representação do domínio espacial de um sempre contiver a representação espacial do outro, como por exemplo a existência de rios em bacias hidrográficas (linhas em áreas), amostras geoquímicas em determinada litologia (ponto em área), amostra de sedimento em drenagem (ponto em linha). Na teoria dos conjuntos se $A \subset B$ e $B \subset C$, C não pode conter A e sim estar contido em A.

A relação espacial de **conectividade** é entendida como sendo um vínculo que estabelece uma ligação entre um ente espacial com o outro, possibilitando a análise de conexão e trajeto. Ela é uma relação bidirecionada em que nó conecta segmento e segmento conecta nó.

A relação espacial de **adjacência** é entendida quando entre dois entes, existe um elemento comum aos seus domínios espaciais.

A relação espacial de **proximidade** é dada pela distância mínima existente entre dois entes. Essa distância pode variar para subconjuntos dos entes. Por exemplo, na operação de *buffer* (distância em torno de um ponto).

5.2 - INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS

A captura dos dados analógicos referentes as cartas planialtimétricas foi feita via *scanner*. Optou-se pela sua utilização tendo em vista dispor-se de mapas complexos, onde predominam as curvas de nível referentes as cartas planialtimétricas editadas pelo IBGE. A qualidade dos dados analógicos, o tempo e o custo envolvidos na operação e o produto final apresentam um erro menor do aquele encontrado em digitalização manual.

Utilizou-se o TRACER do *software* HITACHI CADCORE, como traçador gráfico adaptado como um módulo ao *software* AUTOCAD. Este tipo de traçador trabalha somente com arquivos raster no formato HRF (Hitachi Raster Format). Ele possui um módulo de conversão que permite converter formatos raster diferentes tais como RLE9, PCX, VIDAR BINARY e TIFF não comprimido em formato HRF.

Foram gerados 4 arquivos vetoriais no formato DWG correspondentes a cada um dos mapas hipsométricos. Dentro do próprio *software* AUTOCAD fez-se a conversão para o formato DXF (Drawing Exchange Format, vide Fig.5.1) gerando arquivos bem maiores como pode ser visto na Tabela 5.I.

TIPO	Raster	Vetor	Ascii
ARQUIVO	HRF(bytes)	DWG(bytes)	DXF(bites)
Itacol1	3.414.905	3.651.226	9.479.066
Itacol2		2.879.435	8.142.274
Braço	4.139.965	4.621.471	12.587.616
Mina	3.713.004	3.803.970	11.083.841
Ipora	2.713.481	1.646.922	4.269.354

Tabela 5.I - Tabela dos arquivos gerados após as conversões



Fig.no 5.1- Mapa vetorial no formato DXF, oriundo da vetorização das cartas planialtimétricas realizada pelo ACTRACER. Cada curva de nível "mestra" possui uma cor e as intermediárias são constantes.

Estes mesmos arquivos foram importados para o *software* GRASS 4.1 e posteriormente convertidos do formato ASCII tipo DXF para formato vetorial binário tipo GRASS⁹. Cada arquivo original DXF, contendo as curvas de nível em cada plano de informação, quando convertido gera um arquivo para cada curva necessitando, após a criação de suas respectivas topologias¹⁰, a integração de todos os planos de informação num só arquivo condensado¹¹.

Para se trabalhar com os dados referentes às curvas de nível, bem como os pontos altimétricos cotados no terreno, foi necessário fazer algumas operações para georreferenciar os mapas hipsométricos. O primeiro passo consistiu em transformar todos os mapas do formato binário para o formato ASCII a fim de serem convertidos no módulo do GRASS¹². Em cada um dos mapas tomou-se pelo menos 4 pontos cotados e estabeleceu-se a correlação entre as coordenadas x,y retiradas da imagem proveniente do AUTOCAD e as coordenadas UTM retiradas das cartas planialtimétricas¹³. Após a transformação de coordenadas, tornou-se necessário retornar ao formato vetor binário tipo GRASS⁹. Foram digitalizados 186 *sites* que correspondem aos pontos altimétricos cotados nas quatro cartas planialtimétricas.

Os quatro mapas hipsométricos foram mosaicados numa só imagem que reflete as curvas de nível da área, gerando um arquivo muito denso de informações já que as cotas variam de 60 a 1080 metros (HIPSOMETRIA), como pode ser visto na Figura 5.2. Foram feitos testes de borda que consiste na verificação do casamento das curvas de nível nas bordas das cartas, tanto em termos gráficos quanto em termos de atributos (cotas). O teste de descontinuidade teve por objetivo verificar se uma feição não tinha sido desmembrada em várias após a sua digitalização. Isto se fez necessário para evitar erros na atribuição das cotas, já que pode haver trechos de curvas com mais de um atributo.

Este mapa vetorial foi transformado em raster¹⁴ e em seguida convertido em um mapa de superfície contínua¹⁵, interpolando-se 12 pontos próximos através do interpolador inverso do quadrado da distância e assim gerando o mapa hipsometria12.idw (MDT).(Figuras 5.3 e 5.4).

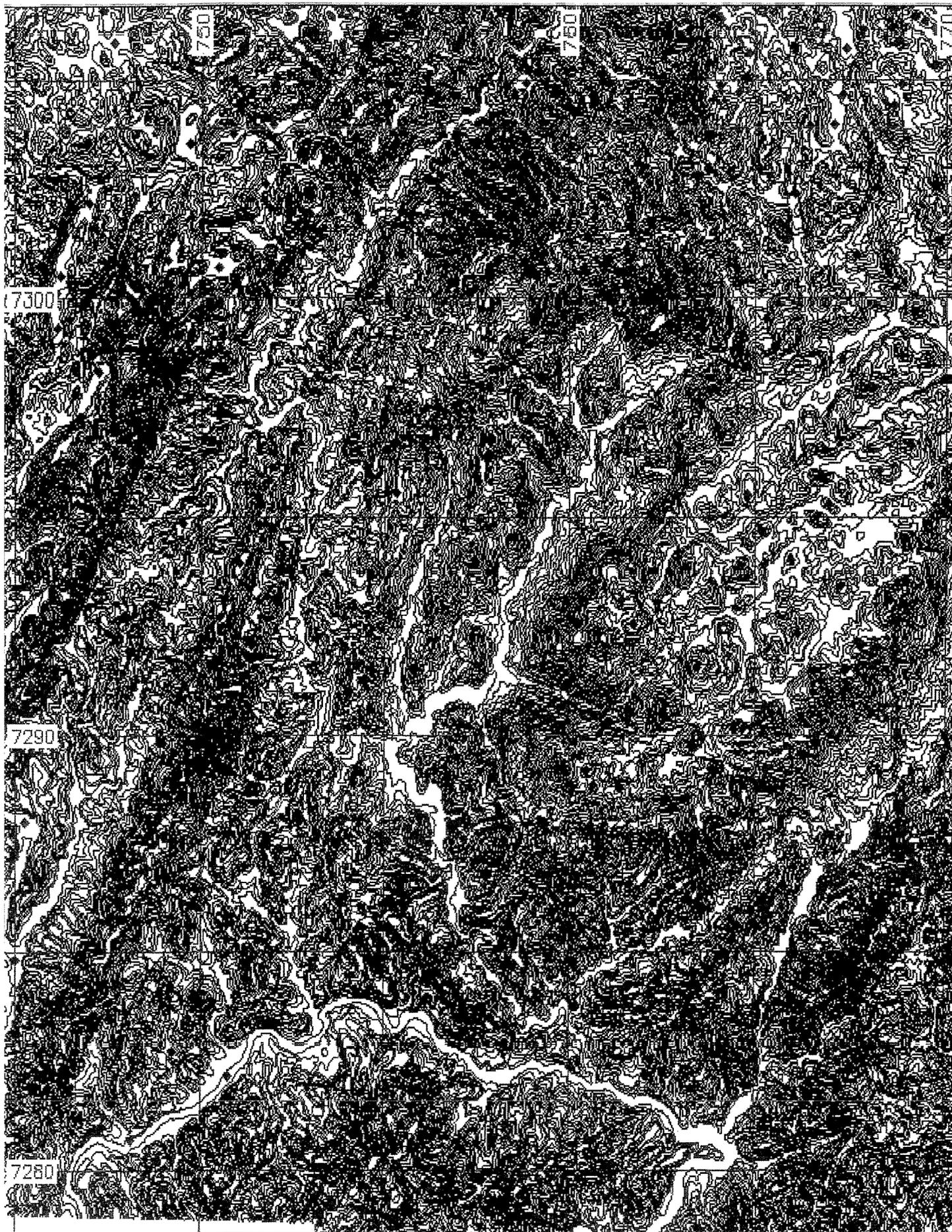


Fig.no 5.2- Mapa vetorial no formato Grass resultante da concatenação de 4 folhas hipsométricas, após o término do teste de borda.

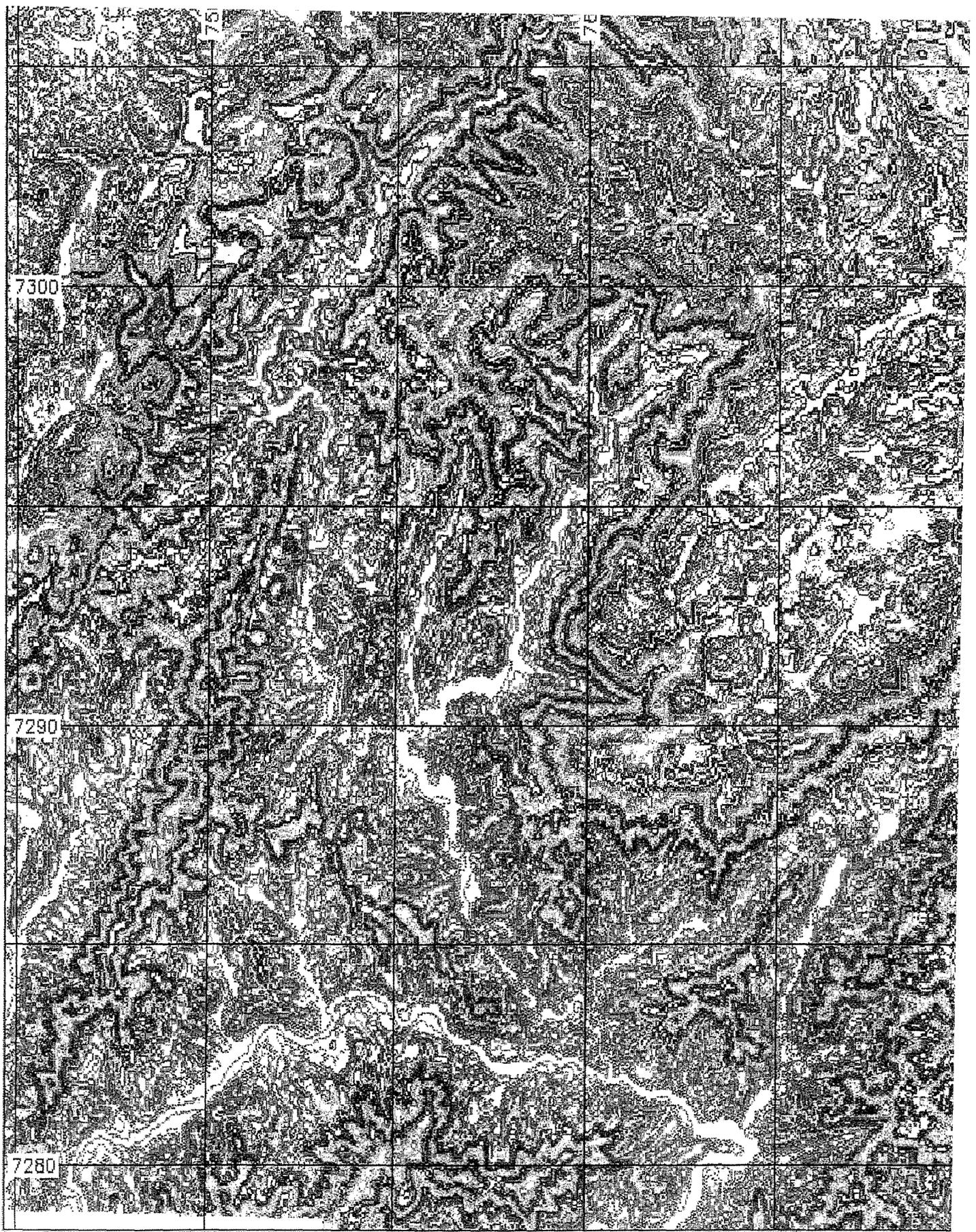


Fig.no 5.3 - Mapa resultante da conversão de mapa vetor (fig.5.2) e formato raster. Cada atributo identifica-se pelo número de linha e colu

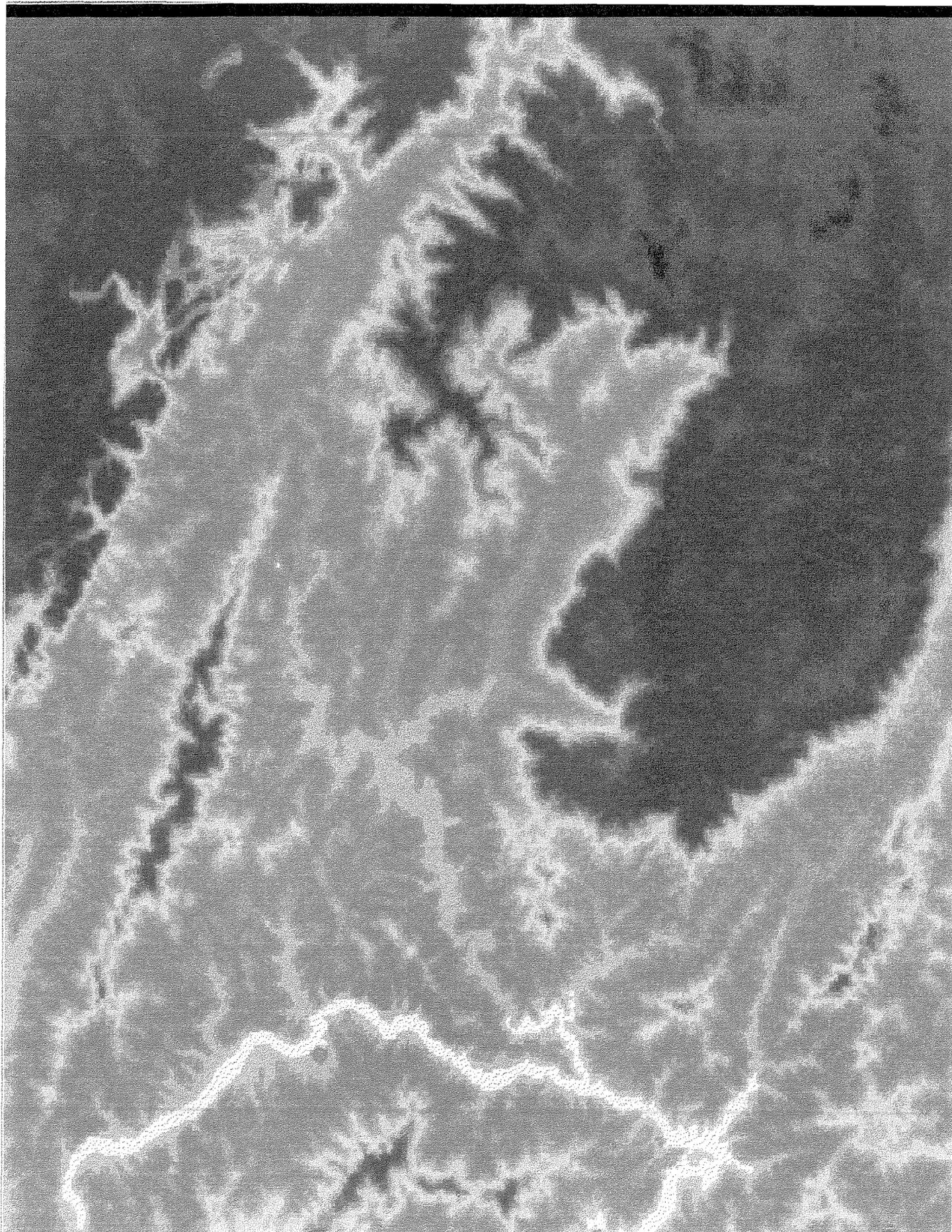


Fig.no 5.4 -Mapa do Modelo Digital de Terreno (MDT) obtido a partir do mapa raster das curvas hipsométricas com cotas de 20 em 20 metros.

A partir do modelo digital de terreno (MDT) partiu-se para a construção de sub-bacias de captação¹⁶. Utilizou-se como limiar 1600000 pixels tendo como resolução espacial 50 metros e usando o mapa hipsometria12.idw como mapa de elevação e de fluxo (Fig.5.5). Foram feitos testes com a resolução de 100 metros e um limiar de 400000 pixels e outro com a resolução espacial de 200 metros, onde o limiar utilizado foi de 100000 pixels, mantendo desta forma o valor mínimo para representação espacial da área.

O número de bacias varia indiretamente com a resolução. A resolução espacial utilizada foi de 50m em função do cálculo do RMS (*root mean square*) que controla o erro de digitalização através da determinação do erro médio quadrático total nos eixos x e y. O limiar de 1600000 define o número mínimo de pixels necessários para a representação de uma bacia de captação, usando uma resolução espacial de 50 metros numa área de aproximadamente 700 km².

A partir dos dados geoquímicos que foram reclassificados em 4 categorias, gerou-se novas imagens booleanas onde se destacam as anomalias de 1ª e 2ª ordem para os elementos Cu, Pb, Zn, Ni, As e Co em sedimentos de corrente pelo método de absorção atômica com abertura de ácido nítrico concentrado a quente(.nsp). Obteve-se também novas imagens booleanas das anomalias de 1ª e 2ª ordem para os elementos Cu, Pb, As e Fe analisados por espectrografia de emissão óptica(.sp).

Após analisar os vários mapas dos elementos geoquímicos que constituem as associações previstas por **Boyle, (1979)** para mineralização de ouro associado a metais base em zona de cisalhamento, atribuiu-se pesos variando geometricamente aos diversos elementos da associação¹⁷, como descritos por **Elliot e Stoeser, (1994)**.

Na primeira associação (Cu,Pb,Zn, e Co) foram computadas 47 amostras com cobre, 29 amostras com chumbo, 32 amostras com zinco e 9 amostras com cobalto (Tabela 5.II). Efetuou-se a ponderação dos elementos constituintes de tal associação, gerando assim o arquivo cupbznco1.nsp contendo 117 amostras que possuem anomalias de 1ª ordem de cobre, chumbo, zinco, cobalto e as associações cobre+chumbo, zinco+cobre, zinco+chumbo e cobalto+cobre.



Fig.no 5.5- Mapa das sub-bacias geradas a partir do Modelo Digital de Terreno (MDT), usando-se uma resolução espacial de 50 metros.

Na segunda associação (Ni, Cu e Co) foram computadas 5 amostras com níquel, 47 amostras de cobre e 9 amostras de cobalto (Tabela 5.II). Através da ponderação dos elementos desta associação gerou-se o arquivo nicuco1.nsp contendo 61 amostras que possuem anomalias de 1ª ordem de níquel, cobre e cobalto, além das associações cobre+níquel, cobre+cobalto e cobre+níquel+cobalto.

Na terceira associação (Cu,Pb,Zn e As) foram computadas 47 amostras de cobre, 29 amostras de chumbo, 32 amostras de zinco e 4 amostras de arsênio (Tabela 5.II). Com a ponderação entre esses elementos obtve-se o arquivo cupbznas1.nsp contendo 102 amostras que possuem anomalias em cobre, chumbo, zinco, arsênio e as associações cobre+chumbo, cobre+zinco e chumbo+zinco.

SEDIMENTO - ANOMALIAS 1a.Ordem - Metodo NSP

ARQUIVO	AMOSTRAS	FAIXA	UNIDADE	ARQ.ORIGINAL	TOTAL
cobre1.nsp	47	132/400	ppm	cusednsp	808
chumbo.nsp	29	515/5100	ppm	pbsednsp	844
zinco1.nsp	32	295/1200	ppm	znsednsp	809
niquel1.nsp	5	90/320	ppm	nisednsp	227
arsenio1.nsp	4	597/890	ppm	assedrsp	61
cobalto1.nsp	9	58/95	ppm	cosednsp	203
manganes1.nsp	2	3782/6800	ppm	mnsednsp	28

SEDIMENTO - ANOMALIAS 2a.Ordem - Metodo NSP

ARQUIVO	AMOSTRAS	FAIXA	UNIDADE	ARQ.ORIGINAL	TOTAL
cobre2.nsp	103	90/131	ppm	cusednsp	808
chumbo2.nsp	33	285/514	ppm	pbsednsp	844
zinco2.nsp	37	202/294	ppm	znsednsp	809
niquel2.nsp	24	64/89	ppm	nisednsp	227
arsenio2.nsp	16	362/596	ppm	assedrsp	61
cobalto2.nsp	26	43/57	ppm	cosednsp	203
ferro2.nsp	2	5,0/6,1	%	mnsednsp	28

SEDIMENTO - ANOMALIAS 1a.Ordem - Metodo SP

ARQUIVO	AMOSTRAS	FAIXA	UNIDADE	ARQ.ORIGINAL	TOTAL
cobre1.sp	1	102/150	ppm	cusedsp	53
chumbo1.sp	9	148/200	ppm	pbsedsp	64
arsenio1.sp	1	661/700	ppm	assedsp	10
berilio1.sp	1	5,5/15	ppm	besedsp	47
ferro1.sp	4	13/15	%	fesedsp	34
vanadio1.sp	6	267/300	ppm	vsedsp	61
bario1.sp	1	774/1000	ppm	basedsp	61
cromo1.sp	2	242/500	ppm	crsedsp	61
zirconio1.sp	3	521/1000	ppm	zrsedsp	48
manganes1.sp	6	4285/5000	ppm	mnsedsp	28

SEDIMENTO - ANOMALIAS 2a.Ordem - Metodo SP

ARQUIVO	AMOSTRAS	FAIXA	UNIDADE	ARQ.ORIGINAL	TOTAL
cobre2.sp	19	70/101	ppm	cusedsp	53
chumbo2.sp	4	93/147	ppm	pbsedsp	64
arsenio2.sp	3	493/660	ppm	assedsp	10
ferro2.sp	7	01/Set	%	fesedsp	34
escandio2.sp	14	25/30	ppm	scsedsp	61
magnesio2.sp	13	0,6/0,7	%	mgsedsp	61
titanio2.sp	15	0,9/1,0	%	tisedsp	43
vanadio2.sp	11	200/266	ppm	vsedsp	61
bario2.sp	12	574/773	ppm	basedsp	61
cromo2.sp	3	171/241	ppm	crsedsp	61
zirconio2.sp	4	384/520	ppm	zrsedsp	59
manganes2.sp	15	2993/4284	ppm	mnsedsp	28

Tabela 5.II - Quadro geral das amostras de sedimento que possuem anomalias de 1ª e 2ª ordem e as faixas de teores utilizadas, segundo Lepeltier, (1969).

Das 40 sub-bacias de captação geradas, apenas 9 bacias (cerca de 22%) apresentam alguma anomalia de 1ª ordem entre os elementos estudados nas 3 associações geoquímicas. As anomalias presentes podem ser vistas na Tabela 5.III.

anomalias	A	B	C	D	E	F	G	H	I	total
Cu			4	1	2				31	38
Pb	2		1				7			10
Zn			1			3	7		4	15
Co								1	4	5
As		1							3	4
Ni									2	2
Cu+Pb									2	2
Cu+Zn					1				1	2
Pb+Zn						1	13	1		15
Cu+Co									1	1
Co+Ni				1				1		2
Co+Ni+Cu				1						1
total	2	1	6	3	3	4	27	3	48	97

Tabela 5.III - Distribuição das anomalias de cada elemento nas bacias consideradas anômalas (A a I).

Foram obtidas 8 sub-bacias que foram consideradas anômalas nos elementos Cu, Pb, Zn e Co. Não houve nenhuma sub-bacia que contivesse anomalia relacionada aos 4 elementos da 1ª associação, como pode ser visto nos Relatórios (Anexo A4) e na Figura 5.6). Obteve-se 5 sub-bacias anômalas nos elementos Ni, Cu e Co e apenas uma sub-bacia (D) apresentou anomalia relacionada aos 3 elementos da 2ª associação, como pode ser visualizado nos Relatórios (Anexo A5) e na Figura 5.7. Nenhuma das 8 sub-bacias apresentou anomalia conjunta relacionada aos 4 elementos da 3ª associação geoquímica (Cu-Pb-Zn-As), como poder visto nos Relatórios (Anexo A6) e na Figura 5.8.

Do total de 2952 resultados de sedimento computados nos arquivos das 3 associações de 1ª ordem, apenas 126 foram considerados anômalos no âmbito das 9 sub-bacias detectadas, como pode ser observado na Tabela 5.II. A bacia de maior importância sob o ponto de vista geoquímico é a "I", que contém 48 amostras consideradas anômalas, o que corresponde cerca de quase 50% (47,6%) do total das amostras. Nela ocorrem anomalias de cobre, zinco, cobalto, níquel, arsênio e as associações cobre+chumbo, cobre+zinco, zinco+chumbo, cobre+cobalto, cobalto+níquel e cobalto+níquel+cobre (vide Tabela 5.III).

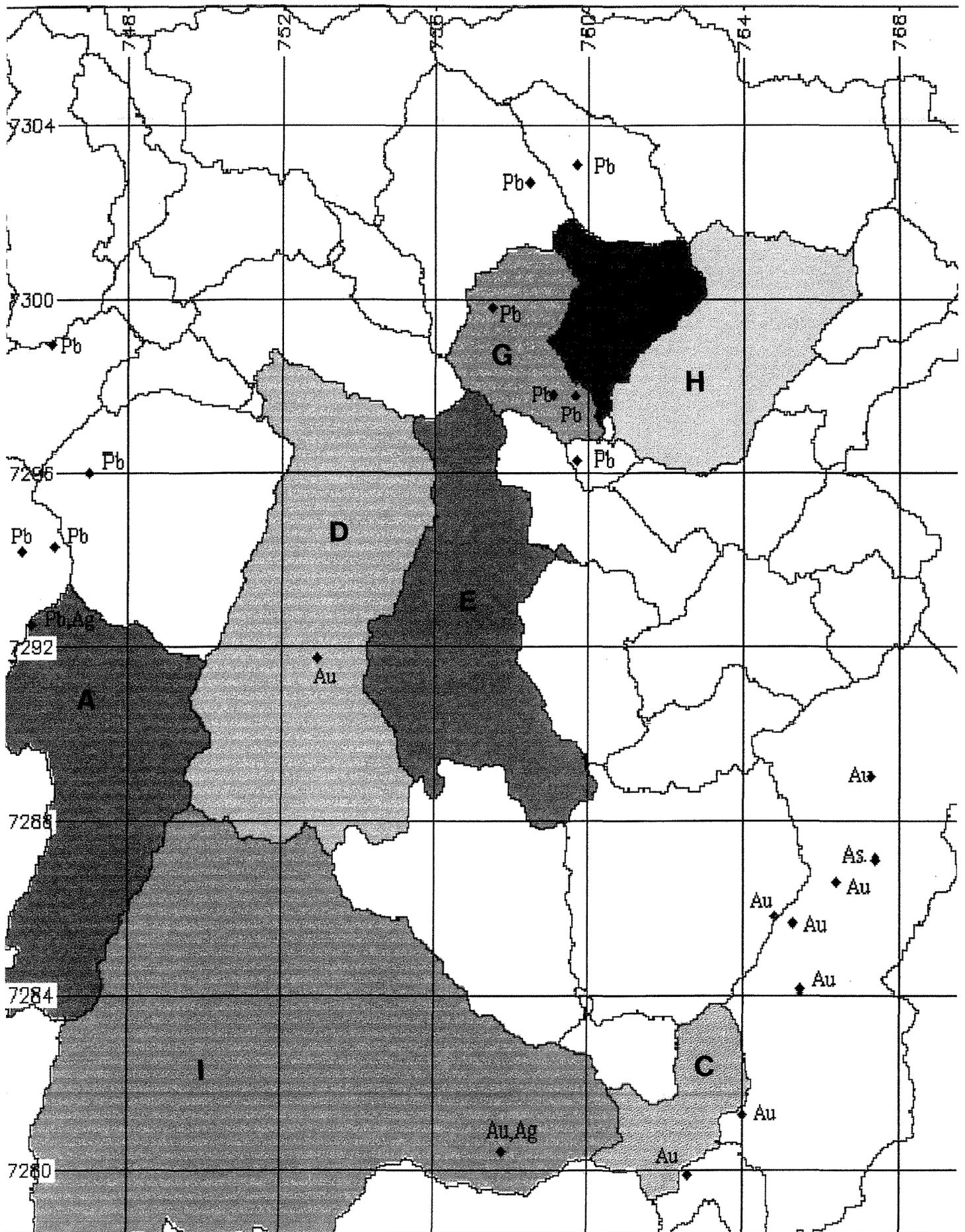


Fig.no 5.6 - Mapa das bacias anômalas nos elementos que compõem associação Cu-Pb-Zn-Co e as ocorrências minerais cadastradas na área.

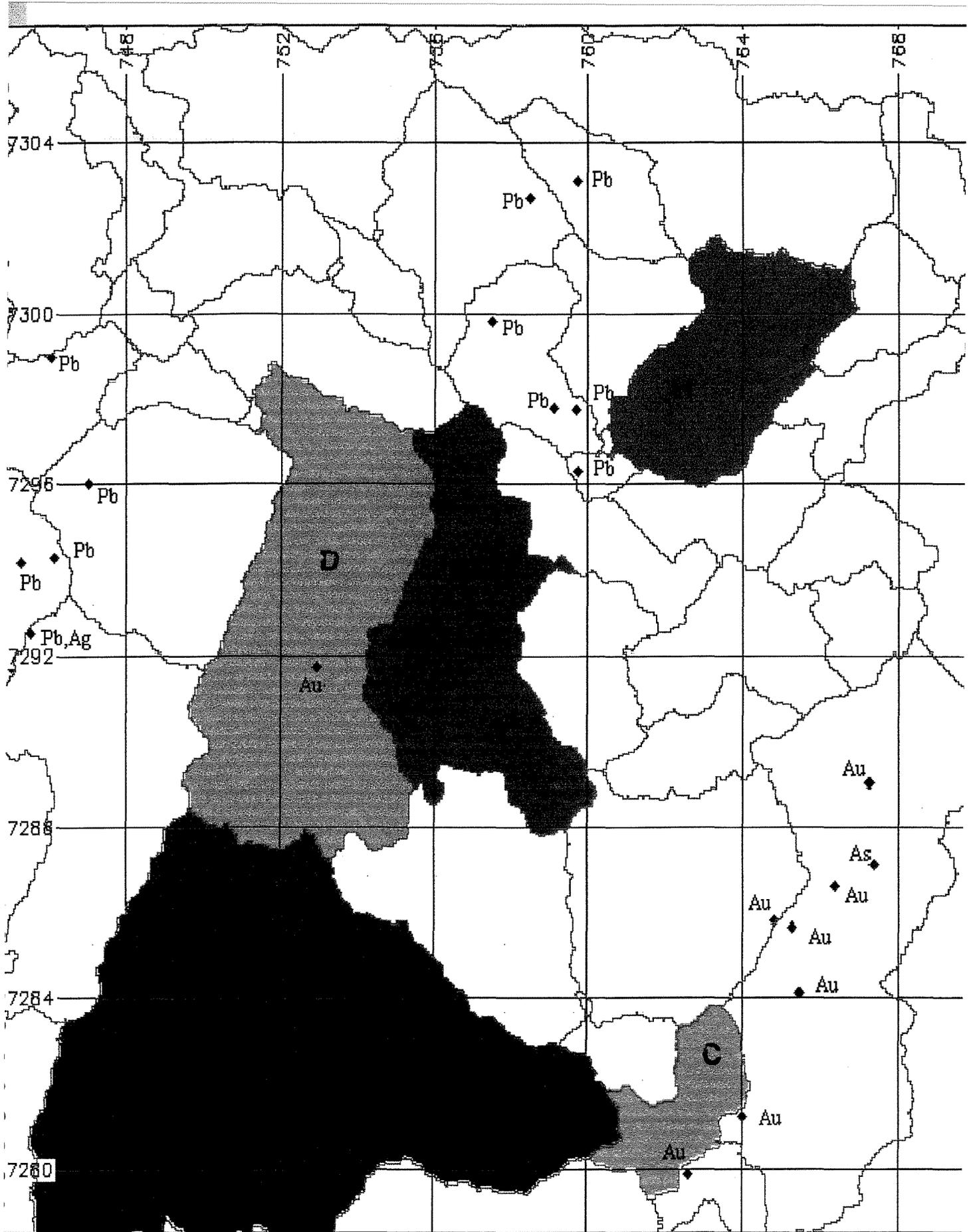


Fig.no 5.7 - Mapa das bacias anômalas nos elementos da associação Ni-Cu-Co e as ocorrências minerais cadastradas na área.

O número de categorias (combinações possíveis) de cada imagem booleana ponderada será igual a $2^m - 1$, onde m expressa o nº de imagens envolvidas na operação ¹³. Por exemplo, ao ponderarmos as imagens que expressam as anomalias de 1ª ordem de Cu, Pb, Zn e As, teremos $2^4 - 1 = 15$ que seria o número máximo de combinações entre os 4 elementos. Neste tipo de operação a categoria 1 da primeira imagem ponderada cobre1 assumirá peso 1, a categoria 1 da segunda imagem ponderada chumbo1 assumirá o peso 2, a categoria 1 da terceira imagem ponderada zinco1 assumirá o peso 4 e finalmente a categoria 1 da última imagem ponderada arsenio1 assumirá o peso 8. Isto corresponde a uma relação $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ e assim por diante. A imagem ponderada resultante será neste caso designada por cupbznas1.nsp.

Para cada imagem booleana correspondente às anomalias de 1ª e 2ª ordem foi feita uma combinação com o mapa de bacias, através da operação de análise espacial mais utilizada “*overlay*” ou simplesmente cobertura, onde foram utilizados operadores matemáticos. Da mesma forma é possível extrair relatórios com dados estatísticos¹⁸ resultantes da operação, tais como taxa de área (m^2, km^2), percentagem de cobertura entre as imagens e número de pixels que são comuns às duas imagens.(Anexo A7).

As imagens resultantes das ponderações entre aqueles elementos que fazem parte das associações geoquímicas e as sub-bacias foram cruzadas, gerando bacias que podem ser consideradas anômalas em determinadas associações de elementos detectados.(Tabela 5.III)

Efetou-se testes de coincidência¹⁹ entre imagens booleanas correspondentes às anomalias dos elementos citados nas associações geoquímicas por diferentes métodos de análise. Procurou-se também fazer um teste de coincidência entre as anomalias principais e as unidades geológicas.(Anexo A8)

5.2.1 - CRITÉRIOS USADOS NA INTERPRETAÇÃO.

A integração de dados é uma forma inteligente e rápida de olhar e analisar os dados contidos em tabelas e mapas observacionais, deles extraindo informações

para gerar novas tabelas e a partir desta conjunção, criar mapas analíticos e novas tabelas que comporão um banco de dados.

Segundo Bonham-Carter, (1994) a análise é o *processo de descobrir o significado dos dados*. A análise espacial utilizando vários mapas pode ser feita a partir da operação de “*overlay*” ou simplesmente sobreposição que é na realidade uma das operações de análise espacial mais usadas, onde lança-se mão das operações matemáticas.

A análise é usada para determinar áreas potenciais para pesquisa mineral e, para que se chegue a um resultado, utiliza-se técnicas de análise espacial através de sobreposição de mapas com combinações de atributos por regras e por índices somatórios e multiplicativos.

O objetivo da metalogênese regional é o estudo das leis que governam a distribuição espacial-temporal dos depósitos minerais econômicos (principalmente metálicos) de vários tipos, em conexão com a história e a estrutura geológica dos elementos estruturais individuais da crosta terrestre (zonas dobradas, plataformas, etc...). Um conhecimento destas leis é necessário para produzir uma base científica e para aumentar a eficácia das operações de exploração e prospecção.

A análise metalogenética regional desenvolveu-se após a segunda-guerra mundial com a descoberta de várias jazidas principalmente nas décadas de 50 a 70, através de três escolas. A escola francesa com Routhier, (1980) combina as feições geológicas regionais com ocorrências minerais. A escola soviética através de Shcheglov, (1979) combina dados geológicos com levantamentos geoquímicos e geofísicos para determinar áreas favoráveis à mineralizações. A escola norte- americana através do USGS, utiliza metodologia resumida em Singer e Mosier, (1981) que combina dados geológicos que levam a determinação de áreas favoráveis a um determinado modelo de mineralização, com dados econômicos que estaria relacionado à quantificação do bem mineral localizado em determinada área (Macedo, 1996).

O emprego de SIG na análise metalogenética pode ser feito segundo duas linhas de abordagem, conforme descrito em Bonham-Carter, (1994). A primeira é conhecida como “*data-driven*” onde são utilizados métodos empíricos que partem das ocorrências, ligando-as às informações geológicas e montando um modelo a partir de dados, podendo empregar regressão logística, pesos de evidências e redes neurais como técnicas de análise. A outra é conhecida por “*knowledge-driven*”, baseada em modelos de mineralizações

conhecidas, empíricas ou genéticas, para montagem de modelos espaciais a partir dos fatores desses modelos.

Bonham-Carter, (1994) exemplifica a utilização do SIG no depósito vulcanogênico de sulfetos maciços de Chisel Lake (Canadá) que ocorre no greenstone belt Snow Lake do Proterozóico Inferior. O mapeamento de potencial mineral foi selecionado para exemplificar uma aplicação geológica típica de SIG. Os depósitos minerais podem ser agrupados ou classificados em diferentes tipos, dependendo de suas características.

Os modelos de depósito mineral são importantes na estrutura teórica que orienta os estudos de SIG na determinação do potencial mineral. Eles ajudam na seleção e modelagem de dados, na decisão que feições priorizar e extrair como evidência e para decidir como pesar a relativa importância da evidência na estimação do potencial mineral. Os modelos conceituais de diferentes tipos são importantes para todo tipo de aplicação de SIG.

Um dos relevantes propósitos de um SIG na área de geologia é justamente através da combinação de dados de diversas fontes, descrever e analisar as interações possíveis, fazer previsões com modelos e prover suportes para tomadas de decisão.

Um tipo de modelo que é de interesse dos geólogos e que pode ser facilmente implementado num ambiente SIG é o modelo de potencial mineral. Ao se usar esta tecnologia para selecionar locais como por exemplo, área para sondagem, fatalmente estaremos preocupados em encontrar locações ou zonas que satisfaçam uma série de critérios. Se estes critérios forem definidos como uma série de regras determinísticas, onde as variáveis são controladas e indicam até um certo nível de precisão, tal como um mapa geológico, o modelo consistirá de aplicação de operadores booleanos numa série de mapas de entrada e que terá como saída mapas binários.

Uma outra alternativa da construção do modelo de potencial mineral é avaliar cada locação com critérios de peso, resultando num "ranking" de escala adequada. O processo de seleção subsequente beneficia-se da maneira como é feito o acesso a esse ranking, simplesmente informando presente/ausente (1/0). O potencial é calculado pela ponderação e combinação das múltiplas fontes de evidência. A designação dos fatores de ponderação para os mapas é feita ora pela análise da importância da evidência relativa ao depósito mineral conhecido, ora usando o julgamento subjetivo de um geólogo experiente em exploração mineral. As regras empregadas na modelagem de uma locação e no processo de mapeamento de potencial são similares em relação com outros locais em muitos casos.

Os modelos usados para processo de seleção de locais são normalmente prescritivos. Isto é, eles envolvem a aplicação de uma série de critérios que são como práticas que resultam de uma fusão de fatores científicos, econômicos e sociais (Bonham-Carter, 1994). Por outro lado, o mapeamento do potencial mineral envolve o uso de modelos preditivos, que usam variáveis que se dispõem com uma certa organização e consequentemente as análises estatísticas de seus dados indicam a possibilidade de previsão, já que o propósito de determinar o potencial mineral é o de se descobrir um jazimento.

Embora seja difícil classificar modelos geológicos em SIG, torna-se necessário a distinção entre os tipos, no que se refere ao relacionamento que os modelos representam. Bonham-Carter (1994) distingue três tipos: o teórico em que o tipo de relação é físico/química, o híbrido cuja relação é semi-empírica e o modelo empírico em que o relacionamento entre as evidências é do tipo heurístico ou estatístico.

Na determinação do modelo de potencial mineral para a área em estudo, utilizou-se o método “*knowledge-driven*” com o modelo lito-estrutural como modelo de decisão. Isto se deve ao fato das mineralizações conhecidas na área estarem controladas pelas zona de cisalhamento Ivaporunduva e pela faixa Pilões e por estarem hospedadas em determinadas litologias da Formação Perau.

Para a construção do modelo de decisão, o autor englobou no sub-modelo litológico os mapas de fatores geológicos, geoquímicos e geofísicos. O mapa de fator geoquímico foi obtido pela sobreposição dos mapas de anomalias para cada associação anteriormente descrita, combinadas às sub-bacias de captação. Assim sendo, há três conjuntos de bacias anômalas para cada uma das três associações (vide Figuras 5.6, 5.7 e 5.8).

No mapa de fator geológico destacou-se algumas unidades relacionadas à Formação Perau e particularmente os filitos, metargilitos e metarenitos da Formação Iporanga por possuírem uma assinatura geofísica (radiometria) bem marcante nos canais de potássio e tório, acompanhando toda a zona de cisalhamento.(Fig.5.9)

No mapa de fator geofísico, levou-se em consideração apenas a participação da gamaespectrometria através do mapa gerado pela combinação das anomalias de 1ª ordem e 2ª ordem dos três canais (kthu.10) (Fig.5.10).



CONVENÇÕES

-  Fm.Iporanga(filitos,metargilitos e metarenitos)
-  Fm.Perau(metapelitos e metarenitos)
-  Fm.Perau(filitos carbonosos)
-  Fm.Perau (metabasitos)
-  Fm.Perau (calcifilitos)
-  Fm.Perau (formações ferríferas)

Fig.no 5.9 -Mapa de fator geológico(unidades favoráveis ao sub-modelo litológico) pertencentes ao Modelo de Decisão. A unidade Fm.Iporanga (PMSif) foi incluída devido seu comportamento radiométrico nos canais de K e Th muito marcante.

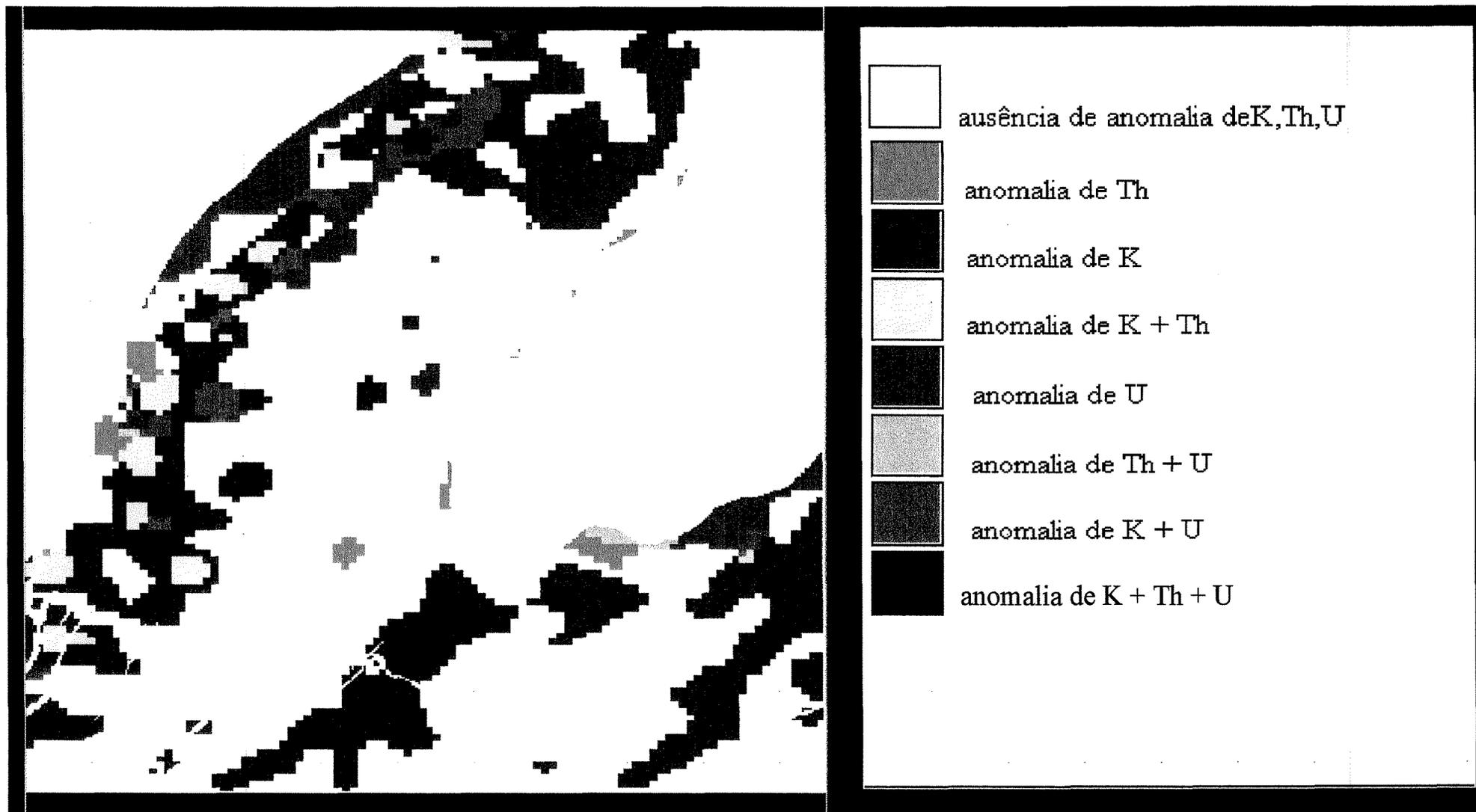


Fig.no 5.10 - Mapa de fator geofísico tendo como máscara o mapa fator geológico (unidades geológicas favoráveis ao Modelo de Decisão).

Os métodos de combinação dos mapas individuais para montar os mapas de fatores, utilizam operações booleanas que atribuem pesos unitários aos diversos fatores, combinando-os por uma simples soma.

Outro processo bem mais flexível que o booleano é o ponderado, também conhecido como método de índices somativos. Neste caso atribui-se pesos aos diversos fatores levando-se em consideração a maior ou menor contribuição no fenômeno procurado.

Através da aplicação do processo ponderado foi possível estabelecer três cenários para o sub-modelo litológico de acordo com os seguintes pesos:

1º cenário: anomalias radiométricas, bacias anômalas na associação Cu-Pb-Zn-As e litologias favoráveis; Fig.5.11

peso 1 - bacias B,C,E e H (apenas 1 amostra anômala em As,Pb+Cu,Zn+Cu e Zn+Pb), peso 2 - bacia F (2 amostras), peso 3 - bacia I (3 amostras), peso 4 - bacia G (4 amostras)

peso 5 - anom.de K, peso 10 - anom.de Th, peso 15 - anom.de K+Th, peso 20 - anom.de U, peso 25 - anom.de U+K, peso 30 - anom.de U+Th, peso 35 - anom.de K+Th+U

peso 40 - filitos e metapelitos da Fm.Perau, peso 80 - filitos da Fm.Iporanga e peso 120 - unidades da Fm.Perau (metabasitos, filitos carbonosos, calcifilitos e formações ferríferas)

2º cenário: anomalias radiométricas, bacias anômalas na associação Cu-Pb-Zn-Co e litologias favoráveis; Fig.5.12

peso 1 - bacias E e F (apenas 1 amostra anômala em Co,Cu+Pb,Cu+Zn e Cu+Co), peso 2 - bacia D e H (2 amostras), peso 3 - bacia I (3 amostras), peso 4 - bacia G (4 amostras). Os demais pesos dados à radiometria e geologia são os mesmos do 1º cenário.

3º cenário: anomalias radiométricas, bacias anômalas na associação Ni-Cu-Co e litologias favoráveis. Fig.5.13

peso 1 - bacia H (apenas 1 amostra anômala em Ni,Co+Ni,Co+Cu e Ni+Cu+Co), peso 2 - bacia D (2 amostras) e peso 3 - bacia I (3 amostras). Os demais pesos dados à radiometria e geologia são os mesmos do 1º cenário.



Fig.no 5.11- Mapa correspondente ao cenário 1 do sub-modelo litológico proposto pelo Modelo de Decisão



Fig.no 5.12 - Mapa correspondente ao cenário 2 do sub-modelo litológico proposto pelo Modelo de Decisão.



Fig.no 5.13 - Mapa correspondente ao cenário 3 do sub-modelo litológico proposto pelo Modelo de Decisão.

Na construção do sub-modelo estrutural, foram usadas as estruturas obtidas através do processamento digital da imagem de magnetometria (Fig.5.14) e do mapa com dados estruturais elaborado pela CPRM (Fig.5.15) para compor o mapa de fator cisalhamento. Utilizou-se da análise de proximidade para confeccionar “*buffer*” ao redor das zonas de cisalhamento, com valores variando de 100 a 1000 metros, já que a influência destas feições não se limita apenas a uma área restrita (lineamento) mas sim a uma área bem maior, por onde circulam os fluidos mineralizantes. Expressivo número de ocorrências minerais descritas na área estão dentro desta faixa, como pode ser observado na Figura 5.16.

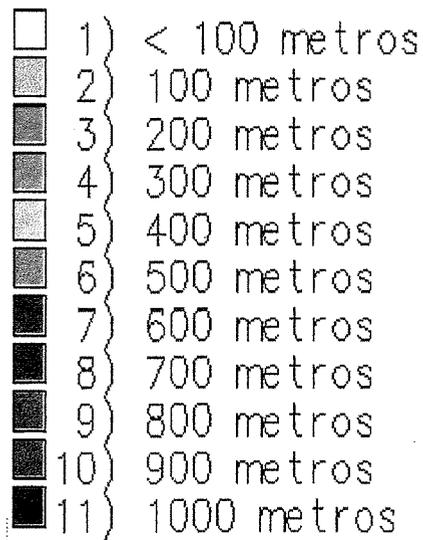
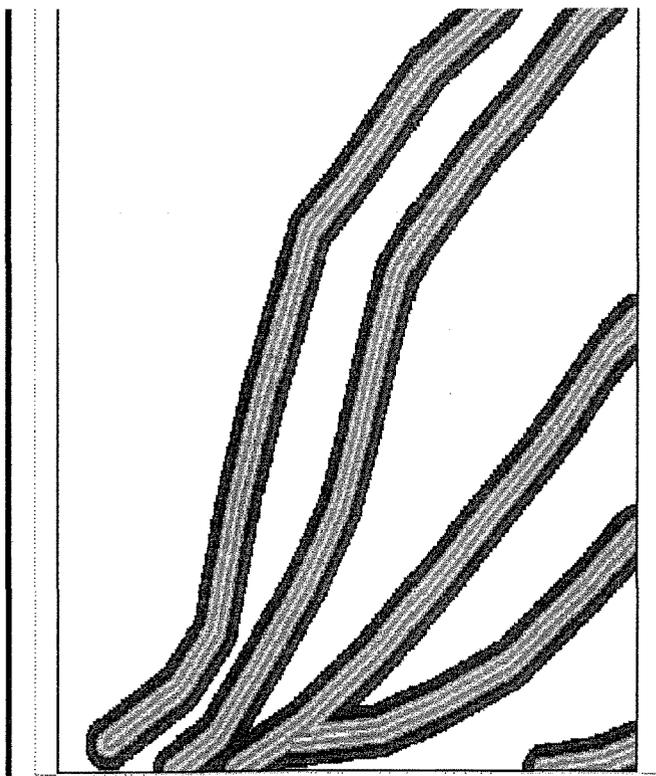
Da mesma forma, obteve-se um mapa de fator fraturas de tração, situadas ortogonalmente às zonas de cisalhamento, ou seja NW, através da interpretação das imagens de magnetometria(Fig.5.14) e do mapa com dados estruturais da CPRM, a partir das quais foram gerados corredores de 100 a 1000 metros, devido a localização das ocorrências minerais.(Fig.5.17)

Para a construção do sub-modelo estrutural foram criados 2 cenários:

1º cenário: zonas de cisalhamento e fraturas NW obtidas no mapa de dados estruturais

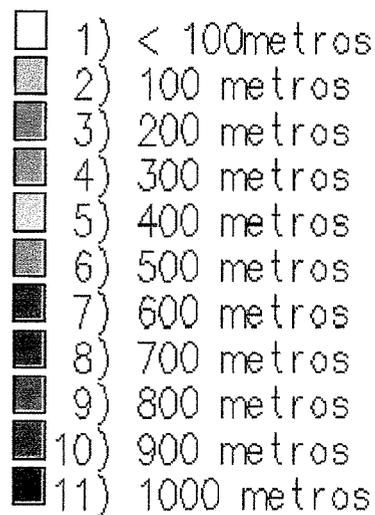
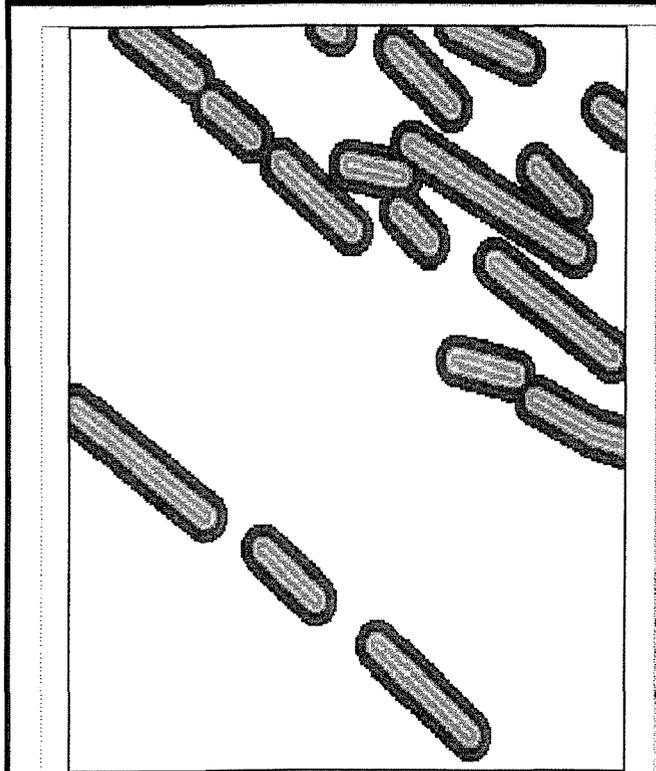
2º cenário: zonas de cisalhamento e fraturas interpretadas a partir do processamento digital da imagem geofísica de magnetometria

Na figura 5.18 encontra-se representada as áreas potenciais para mineralização de ouro segundo os cenários do sub-modelo litológico assinaladas por conter as litologias favoráveis, anomalias radiométricas de U e K e estarem contidas nas bacias anômalas nos elementos constituintes das associações descritas e na figura 5.19 após terem sido combinadas com o cenário 1 do fator estrutural.



Intervalo dos corredores aplicados ao longo das zonas de cisalhamento identificadas no processamento das imagens geofísicas

Identificação das zonas de cisalhamento através das imagens de magnetometria



Intervalo dos corredores aplicados ao longo das fraturas NW identificadas no processamento das imagens magnetométricas.

Identificação das fraturas NW através das imagens de magnetometria

Fig.no 5.14 - Dados estruturais obtidos do PDI dos dados de magnetometria com aplicação de zonas de buffer

24 20'

48 20'

CONVENÇÕES

-  anticlinal
-  lineamento fotogeológico
-  zona de cisalha contraccional
-  zona de cisalha transc. dextral
-  falhamento
-  fratura fotointerpretada
-  diques de diabásio
-  sinforme
-  fraturas NE
-  fraturas NW

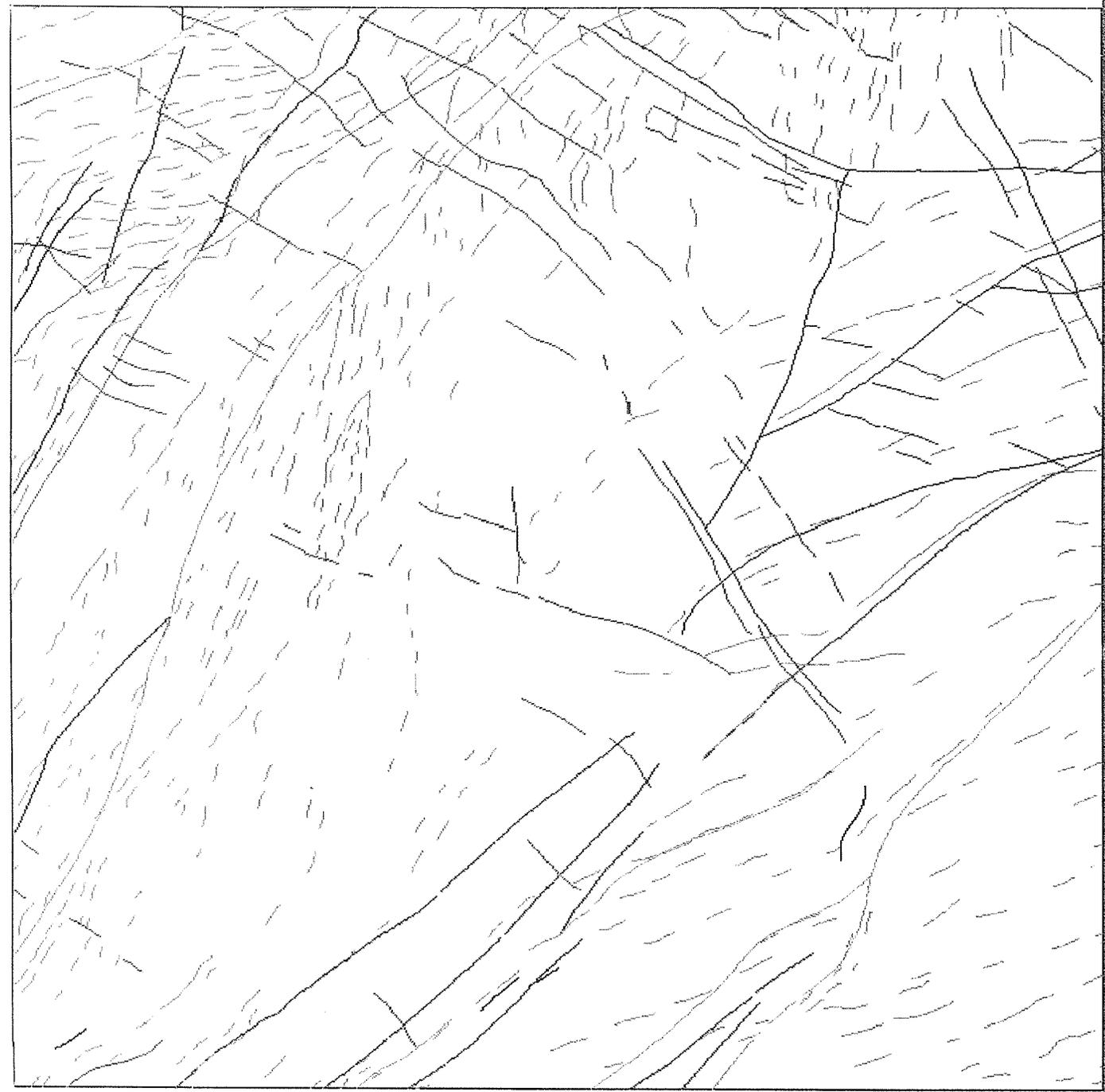
Fonte: modif.de BRANCO(1993)

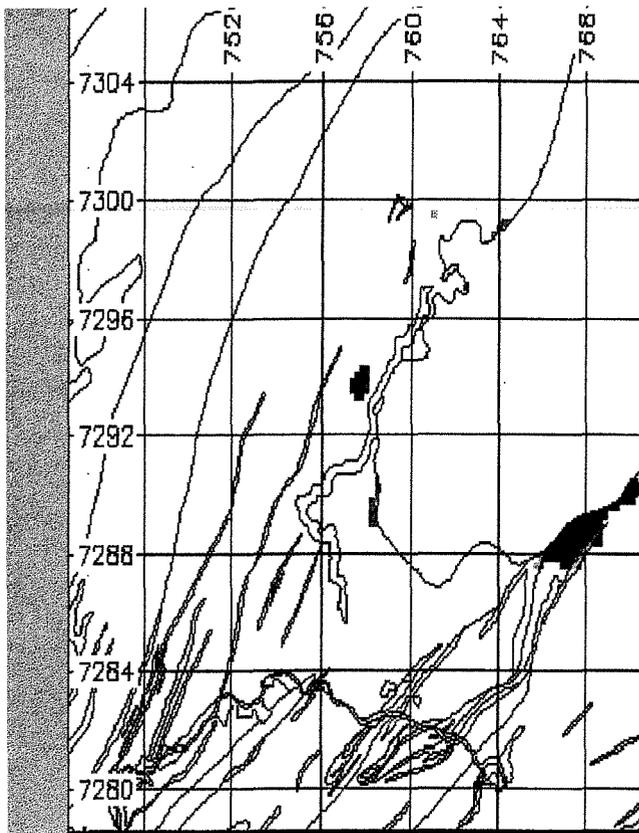
Fig.no. 5.15

48 20'

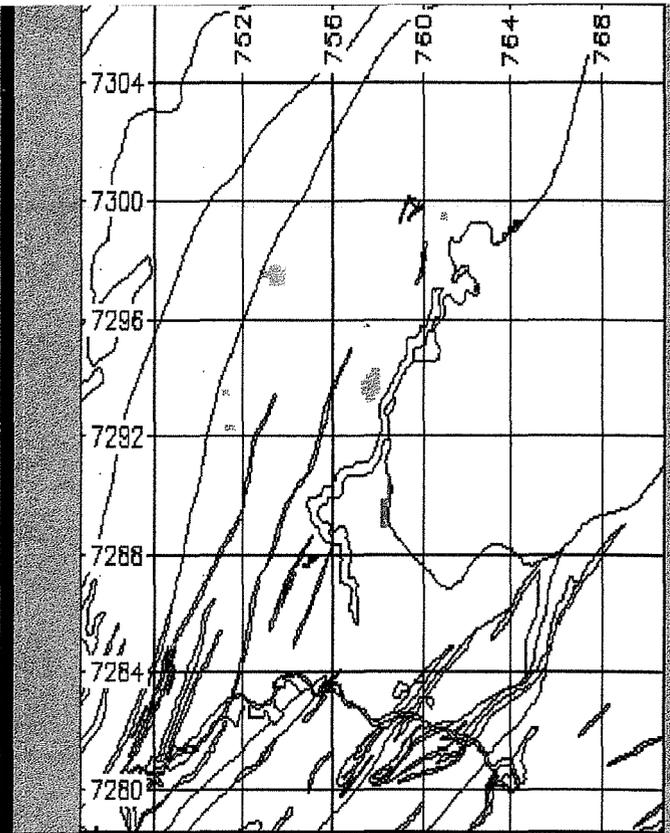
24 25'

MAPA VEKTORIAL DOS DADOS ESTEREOFOTOGRAFICOS

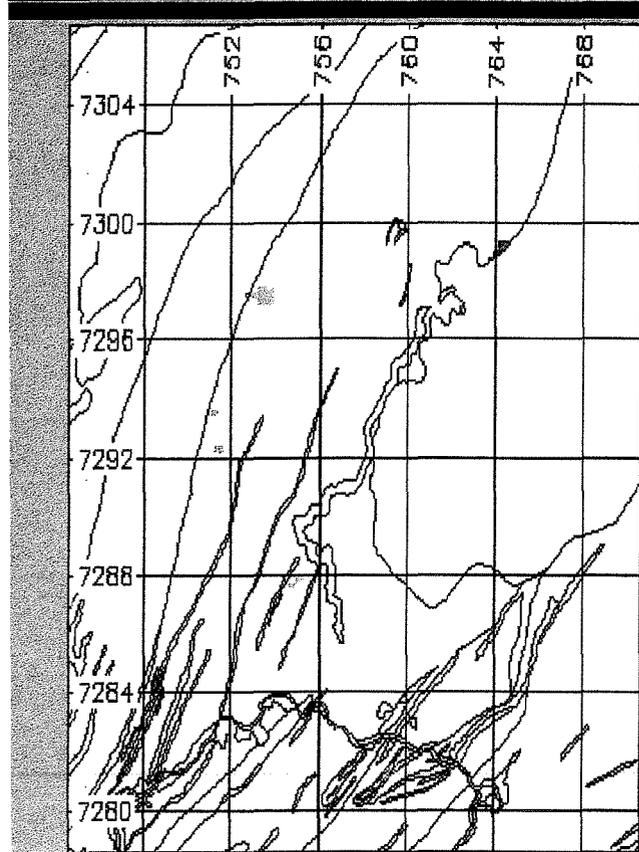




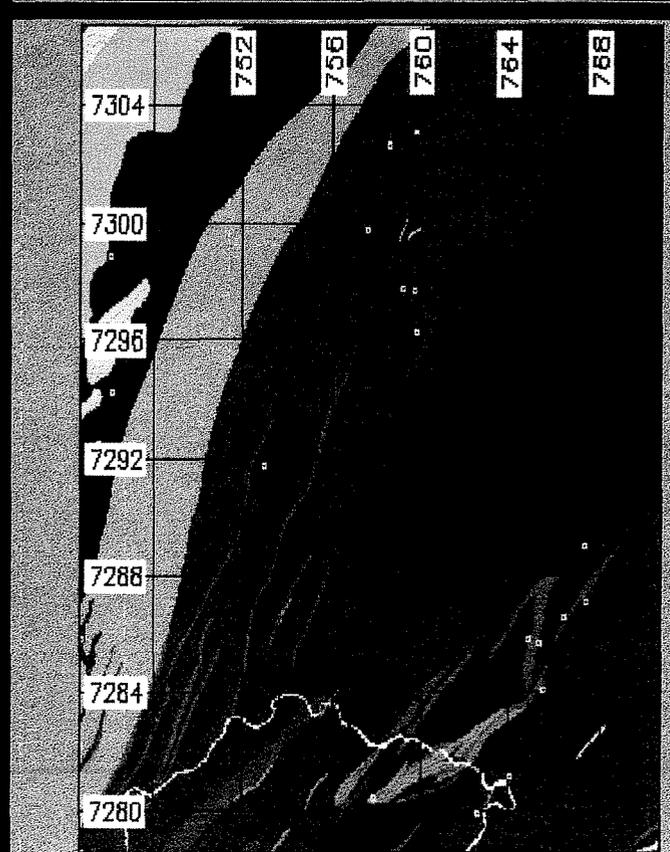
Áreas potenciais segundo cenário 1



Áreas potenciais segundo cenário 2

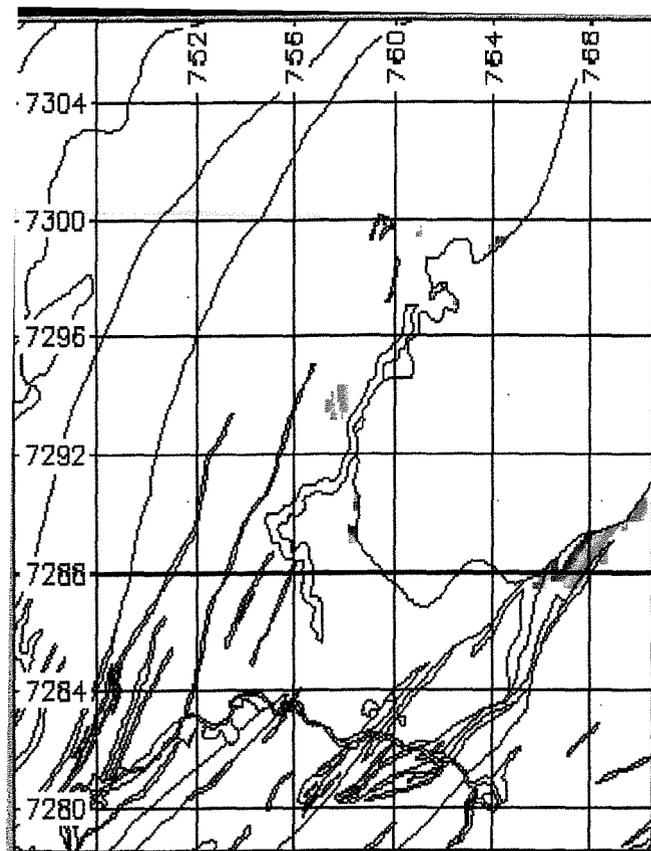


Áreas potenciais segundo cenário 3

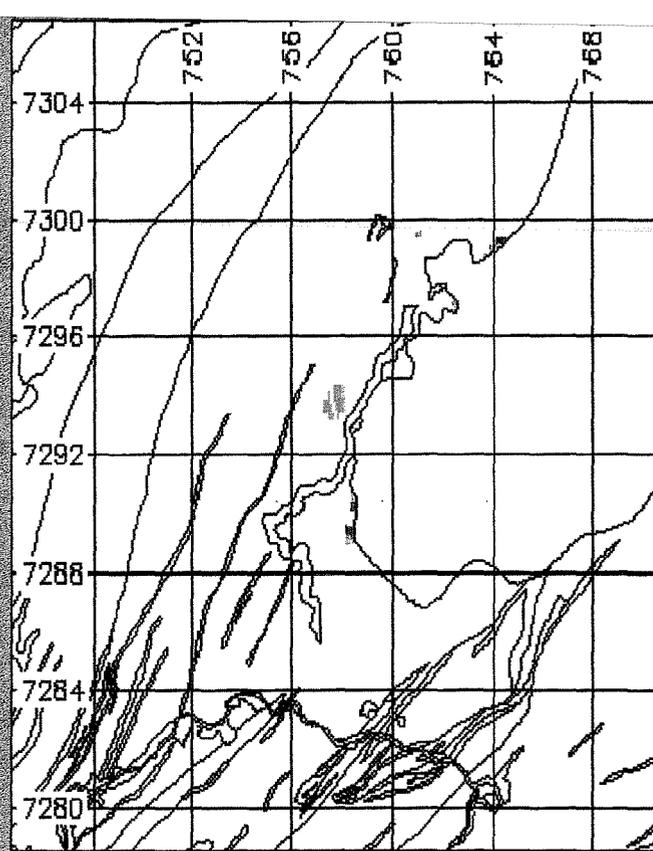


Mapa Geológico e ocorrências minerais

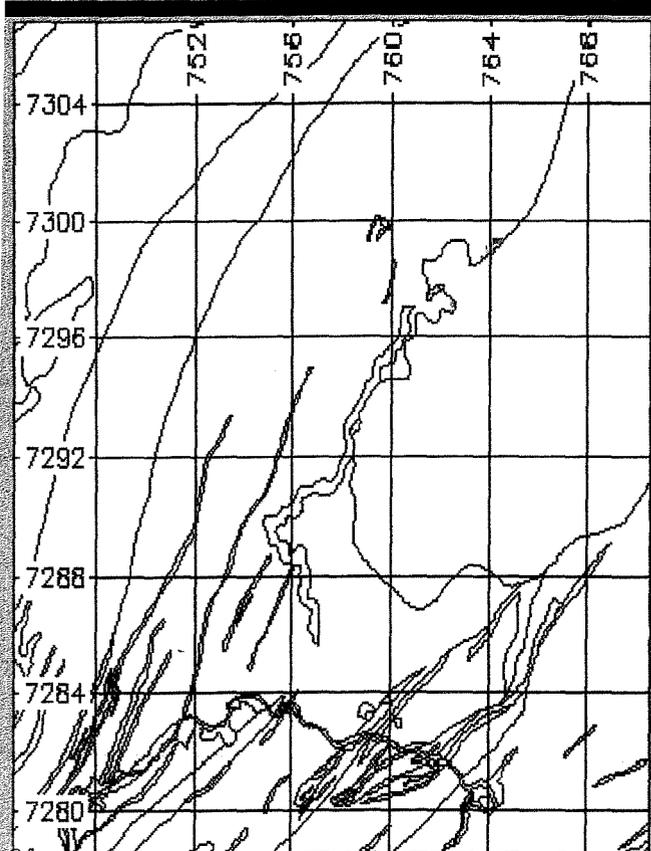
Fig.no 5.18 - Delimitação das áreas potenciais para mineralizações de ouro segundo os cenários do sub-modelo litológico.



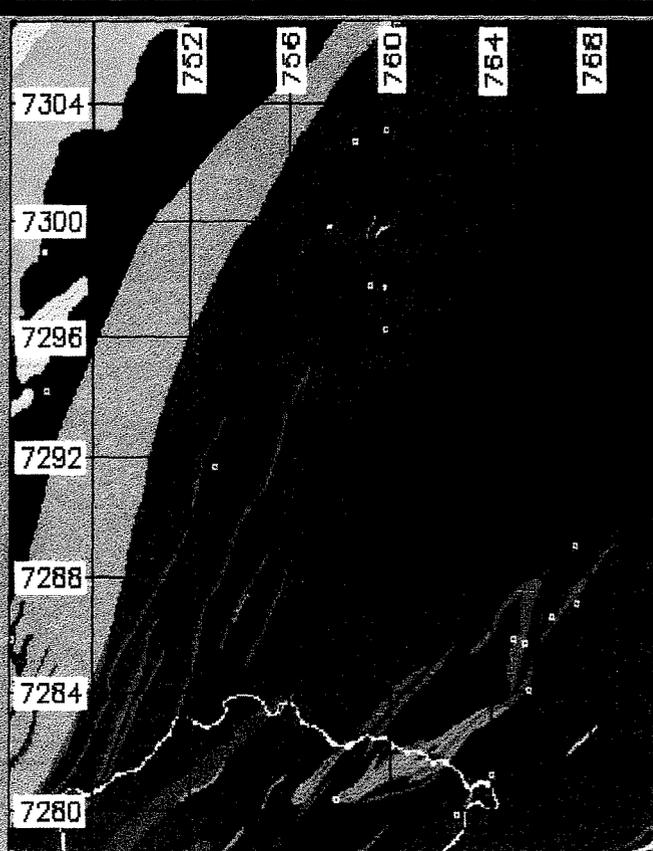
Áreas potenciais modelo lito-estrutural1



Áreas potenciais modelo lito-estrutural2



Áreas potenciais modelo lito-estrutural3



Mapa Geológico e ocorrências minerais

Fig.no. 5.19 - Delimitação das áreas potenciais para mineralizações de ouro segundo o modelo lito-estrutural e os cenários 1,2 e 3.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através de simultaneidades booleanas foi possível efetuar análise espacial utilizando-se os diversos fatores que constituem os sub-modelos e que por sua vez satisfazem o modelo prescrito. Esses sub-modelos são na verdade a base para a modelagem dos dados na construção do modelo de decisão.

Numa primeira abordagem da modelagem dos dados espaciais em um ambiente SIG partiu-se de testes de simulações onde as diversas variáveis foram agrupadas de acordo com a interpretação, para em seguida ponderá-las segundo sua importância no modelo pré-concebido.

Na determinação das áreas anômalas nos elementos farejadores ou indicadores das mineralizações auríferas não foi possível efetuar a interpolação dos seus teores tendo em vista a distribuição irregular das amostras de sedimento de corrente que constituem os bancos de dados geoquímicos.

Cerca de 70% de todo trabalho computacional de SIG dispensado à área de estudo foi direcionado a captura e montagem dos bancos de dados que contém informações geológicas, geoquímicas, geofísicas e analíticas. As operações algébricas não-cumulativas através de *overlay* mostraram-se eficazes na elaboração do modelo potencial mineral da área objeto de estudo.

O uso do traçador gráfico ACTRACER, por se tratar de um módulo adaptado ao sistema CAD, não demonstrou grande versatilidade na conversão dos dados raster (folhas hipsométricas escanizadas) para o formato vetor já que muitas dificuldades foram solucionadas na base da tentativa-erro, pois o manual não trás explicações satisfatórias. Existe atualmente no mercado sistemas bem mais versáteis e práticos, tais como os módulos de vetorização semi-automática dos *softwares* ARC/INFO da Esri e o MGE da Intergraph.

Grande parte das tarefas executadas com os bancos dados na fase de simulações seria muito mais agilizada se não fosse o tipo de banco de dado utilizado pelo Grass que é do tipo hierárquico. A estruturação dos dados num banco de dado do tipo relacional é muito mais versátil e utiliza muito menos tempo de processamento.

O mapa final do modelo potencial da área foi construído a partir do sub-modelo litológico com tres cenários e o sub-modelo estrutural com dois cenários indicando as áreas potenciais segundo prioridades I e II para sua prospecção. Os mapas que representam

os cenários do sub-modelo litológico expressam todas as possibilidades de combinação entre os mapas de fatores geoquímicos, geológicos e geofísicos que foram elaborados para o modelo de decisão ora proposto (lito-estrutural).

Ao se comparar os resultados geofísicos de gamaespectrometria com as ocorrências cadastradas, observa-se que há dois depósitos de Au nas áreas de anomalia muito alta de potássio e que outro depósito, próximo a borda do Granito Agudos Grandes, ocorre na zona de anomalia muito alta de urânio.

Através da análise espacial evidenciou-se as zonas onde há anomalias radiométricas de K e U que ocorrem nas bacias anômalas nos elementos que constituem as três associações Cu-Pb-Zn-As, Cu-Pb-Zn-Co e Ni-Cu-Co e que estão inseridas nas unidades geológicas favoráveis da Fm.Perau (metabasitos, filitos carbonosos, calcifilitos e formações ferríferas), além dos filitos e metapelitos que possuem uma favorabilidade subordinada devido ao fato de apresentar uma extensa área mapeada onde observa-se grande variação na resposta radiométrica, possivelmente resultante de litologias diferentes não cartografadas.

Grande parte das áreas potenciais para ocorrência de ouro estão dispostas ao redor do batólito granítico Agudos Grandes e próximas as zonas de cisalhamento.

Como recomendação o autor sugere a continuidade do estudo da área em questão, através de processamento digital de imagens utilizando dados de levantamentos orbitais (satélite ou radar), que poderá ter como suporte as informações resultantes da integração dos dados geofísicos, geológicos e geoquímicos que foram manipulados pelo SIG no presente trabalho.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALECRIM, J. e ROYER, J. - A detecção das outliers na análise dos componentes principais (ACP) e sua aplicação ao tratamento de dados em prospecção". In: I Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e III Congresso Brasileiro de Geoquímica . São Paulo, 1991. Resumos, v.2 p. 447-451.
- ALECRIM, J. e ROYER, J. - As outliers nas distribuições monovariáveis: uma técnica para o tratamento de dados em prospecção geoquímica." In: I Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e III Congresso Brasileiro de Geoquímica . São Paulo, 1991. Resumos v.2, p.468-473.
- ALGARTE, J.P. - Potencial econômico dos jazimentos estratiformes de chumbo no Vale do Ribeira de Iguape, In: Congr. Bras. Geol, 29, Ouro Preto, 1976, Resumos SBG, pp.264-265
- ALMEIDA, O.W.R - Modelos de dados espaciais - Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica - USP, São Paulo, 1994
- ANDREWS-JONES, D.A - The application of geochemical techniques to mineral exploration, Colorado School of Mines Mineral Industries, 1968, Bulletin v.II, nº 6
- ARONOFF, S. - Geographic Information Systems: A management perspective, WDL Publications, Ottawa, Canada, 1989
- BALL, G.H & HAL, D.J.A - A clustering technique for summarizing multivariate data, Behav.Sci., 1967, 12, pp.153-155
- BIONDI, J.C. - Mapa geológico da área do embasamento do Estado do Paraná, escala 1:250.000 - MINEROPAR - 1983, Secretaria da Indústria e Comércio do Paraná.
- BIONDI, J.C. - Tipologia dos depósitos minerais com ouro, apostila de curso, Rio de Janeiro, 1988, CPRM, 183pp
- BONHAM-CARTER, G.F. - Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Ottawa, 1994, Pergamon, 398pp.
- BOYLE, R.W. - Elemental associations in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospecting - Geological Survey of Canada, Dept.of Energy Mines and Resources, Ontario, 1974, paper 74-45
- BOYLE, R.W. - The geochemistry of gold and its deposits - Geological Survey of Canada, 1979, Bulletin 280

- BOTBOL, J.M. - An application of characteristic analysis to mineral exploration, In: Decision-Making in the Mineral Industry, C.I.M., Special, 1971, vol.12, pp.92-99
- BOTBOL, J.M.; SINDING-LARSEN, R.; McCAMMON, R.B.; GOTT, G.B. - A regionalized multivariate approach to target selection in geochemical exploration - Economic Geology, 1978, n° 74, vol.4, pp.534-546
- BRANCO, P.C.P. - Análise espacial de dados aplicada à prospecção mineral no médio Vale do Ribeira (SP), Rel.Interno, Inédito, DEGEP/CPRM, Rio de Janeiro, 1993, 135pp.
- BURROUGH, P.A. - Principles of Geographical Informations Systems for Land Resources Assessment, Claredon, Oxford, England, 1986
- CÂMARA, M.M. -- Classificação tipológica das principais mineralizações auríferas primárias do Vale do Ribeira, In: Congr.Bras.Geol.37, São Paulo-SP, 1992, Boletim Resumos Expandidos, p.236
- CAMPANHA, G.A da C. et alii - Geologia das folhas Iporanga e Gruta do Diabo, Estado de São Paulo, 1985, contrato IPT/Pró-Minério (rel.IPT/22352).
- CAMPANHA, G.A. da C. - Modelos da evolução tectônica para o escudo cristalino Paranaense e sul do Estado de São Paulo In: exame de qualificação - nível doutorado IG-USP, São Paulo, 1987, pp.59-83
- CARVER, S.J. & BRUNDSO, C.F. - Vector to raster conversion error and feature complexity: an empirical study using simulated data, International Journal of Geographical Information Systems, 1984, vol.8 no.3, pp.262-270
- CHIODI FILHO, C et alii - Contribuição à geologia das regiões sul paulista e leste paranaense - Grupos Açungui e Setuva, in Congr.Bras.Geol,33, Rio de Janeiro,1984, Anais SBG, vol.5, pp.2394-2406.
- CHORK, C. - Unmasking multivariate anomalous observations in exploration geochemical data from sheeted-vein tin mineralization near Emmaville, N.S.W., Australia, 1990, Journal of Geochemical Exploration, 37: 205-223.
- COX, D.P. & SINGER,D.A.(eds.) - Mineral deposit models. Denver: U.S.Geol.Survey, 1987. 379 p. (U.S.Geol.Survey Bulletin,1693)
- CRÓSTA, A.P. - Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, ed.rev, Campinas, 1993, IG/UNICAMP, 170pp.
- DAIXT, E.C. et alii - Projeto Anta Gorda: mapeamento geológico da área norte, fase III, DNPM/CPRM, São Paulo,1983, rel.interno.

- DARNLEY, A.G - Airbone gamma ray survey techniques, Geologic Survey of Canada, Ottawa, NATO Advanced Study Institute on Methods of Prospecting for Uranium Minerals, London - England, 1971, 21 sep - 2 oct , Preprint of paper
- DAVIS, J. - Statistics and data analysis in geology 2nd. ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 1986, 645pp.
- DOBRIN, M.B - Introduction to geophysical prospecting - Mc Graw-Hill, Nova York, 1960, 443pp.
- dos ANJOS, I.L.S. e MOURÃO,L.M.F. - Projeto extremo sudeste do Brasil, Relatório Final de processamento de dados, Convênio CPRM/DNPM, RJ, 1987, 2v.
- EBERT, H.O - Observações sobre a litologia e subdivisão do Grupo Setuva no estado do Paraná, com sugestões à tectônica geral do geossinclíneo Açungui, In: Congr.Bras.Geol.25, vol.1 - São Paulo, 1971, Anais SBG, pp.131-146.
- EBERT, H.O et alii - Aspectos da evolução estrutural do cinturão móvel costeiro na região da mina do Perau, Vale do Ribeira (PR) In: Congr.Bras.Geol.35, Belém,PA, 1988, Anais, vol.V, pp.2318-2331
- ELLIOT, J. & STOESER,D. - Application of geographic information systems In: Mineral Deposit Modelling and Resource Assessment, Rio de Janeiro, 1994- CPRM/USGS, s.p.(notas de curso, inéditas).
- EVANS, A. - An introduction to ore geology. 2nd. ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1987, 358pp.
- FILIPPINI, J. - Aplicação dos métodos estatísticos em prospecção geoquímica de sedimentos de corrente e rochas na região de "Ísla Patrulla", distrito de "Treinta y Tres",Uruguai - Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo, 1992, 184pp.
- FOSTER, R., ed. - Gold metallogeny and exploration. Glasgow, Blackie & Son Ltd., 1991, 432pp.
- GARRET, R. - Workshop 5: Theresholds and anomaly interpretation. Journal of Geochemical Exploration, 1984, nº 21: pp.137-142.
- GARRET, R. - The chi-square plot: a tool for multivariate outlier recognition, Journal of Geochemical Exploration, 1989, nº 32: pp.319-341.
- GOODCHILD, M.F. & KEMP, K.K. (eds.) - Introduction to GIS, National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara, California, USA, 1990

- GREEN, J. & MARGERISON, D. - Statistical treatment of experimental data. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 1978, 382pp.
- GUIMARÃES FILHO, H.A. - Metodologias para Intercâmbio de dados entre programas de CAD, SGBD, PDI e SGI projetos exploração mineral - Dissertação de Mestrado, Unicamp - Instituto de Geociências, 1994, São Paulo, 135pp.
- HALL, D.J. & KHANNA, D.K. - The ISODATA method computation for the relative perception os similiraties and differences in complex and real data, In: Mathematic Methods for Digital Computers, vol.3, Statistical Methods for Digital Computers, Eds.John Wiley & Sons, 1977, pp.340-373
- HARALY, N.L. e HASUI, Y. - Compartimentação geotectônica do Brasil Oriental com base na informação geofísica, In: Congr.Bras.Geol.,32, Salvador,BA, 1982, Anais, vol.1 - pp.374-385
- HASUI, Y - Novo modelo geológico do vale do Ribeira, rel.interno nº 23742 - IPT, São Paulo, 1986, 69p, inédito.
- HOYLE, M. - Transformation - An introduction and a bibliography. International Statistical Review, 1973, v. 41 (2), pp.203-223.
- HOWARTH, & KARLE, S. - Application of a generalized power transformations to geochemical data. Mathematical Geology, 1979, n.11 (1), pp.45-62
- HOWARTH, R. - Statistics and data analysis geochemical prospecting, Handbook of Exploration Geochemistry, v.2 - Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdan, 1983, 437pp.
- HOWARTH, R.- Statistical applications in geochemical prospecting: A survey of recent development, Journal of Geochemical Exploration, 1984, v.21, pp 41-61
- KAEFER, L.Q. e ALGARTE, J.P. - Projeto Sudeste do Estado de São Paulo. Folha Itararé, S.G-22-X-B, Geologia Preliminar, Convênio DNPM/CPRM, Rel.inédito, São Paulo, 1972, 202p.
- KURZL, H. - Exploratory data analysis: recent advances for the interpretation of geochemical data . Journal of Geochemical Exploration, 1988, v.30: pp.309-322.
- LCDA - Laboratório de computação gráfica aplicada à arquitetura e desenho - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo UFBa - Projeto de Informatização do Sistema de Informações Metropolitanas - SIM, Relatório Final, Convênio LCAD/UFBa-CONDER, Salvador, 1993, jun/93, 121 pp.

- LEPELTIER, C. - A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation - *Economic Geology*, 1969, v.64, pp.538-550
- MACEDO, A.B. - Prospecção litogeoquímica na mina do Perau, Paraná, Tese de Doutorado, USP- Instituto de Geociências, 1986, São Paulo, 162pp.
- MACEDO, A.B. - Reflexões sobre o tratamento de dados geoquímicos, Tese de Livre Docência, IG/USP, 1996, São Paulo, 151pp.
- MAGUIRE, D.J; GOODCHILD, M.F.; RHIND, D.W. - *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, Edited by David J.Maguire, Michael F.Goodchild and David W.Rhind - 1992, vol.1 e 2, Longman Scientific & Technical, England
- MARINI, D.J. et alii - O Grupo Açungui no Estado do Paraná, *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, 1967, pp.23-25.
- MARSAL, D. - *Statistics for geoscientists*. Oxford, Pergamon Press, 1987,. 176pp.
- MORGENTAL, A.; SILVA, A.A.G.P.; JUNIOR ,T.B.; ALEGRI,V.; OLIVEIRA, P.E.P. - Projeto geoquímica no vale do Ribeira, Relatório Final - Geoquímica Regional - Texto, vol.I, convênio CPRM/DNPM, São Paulo, 1978, 421p.
- MOURÃO, L.M.F. e ANJOS, I.L.S. - Projeto São Paulo-Rio de Janeiro, Relatório Final, Processamento de dados - Parte I- São Paulo, vol.II, Ministério das Minas e Energia - Convênio DNPM/CPRM, Rio de Janeiro, 1988
- NIELSEN, F. - GIS database and organization, via rede de comunicações INTERNET, 1994
- NIMER, E. - Clima In: *Geografia do Brasil - Região Sudeste* - Rio de Janeiro, SERGRAF/IBGE, 1977, v.3 - pp.51-89
- PINTO, G.G. e JUNIOR, T.B. - Projto Eldorado - Relatório Integrado Final de Pesquisa , Texto e Apêndice, vol.I - CPRM - São Paulo, 1982, 220p.
- QUINTANILHA, J.A. - Entrada e conversão de dados: Processos de construção de bases digitais de dados espaciais In: III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, Escola Politécnica da USP, 1995, jul/95, pp.29-58
- RAMALHO, R. e HAUSEN, J.E.P. - Projeto Sudelpa, Relatório Final - Geomorfologia - SUDELPA/CPRM - São Paulo, 1975, v.12,13 e 14
- REEVES, W.K. - Airborne geophysics for geological mapping and regional exploration - *ITC Journal*, 1985, n°3, pp.147-161
- ROGERS,J.J.W e ADAMS,J.A.S. - Thorium In: *Handbook of geochemistry*, volIII/1, cap.90, Springer-Verlag, Berlim, 1969

- ROLIM, S.B.A. - Avaliação do uso da transformação IHS na integração de dados geofísicos (aeromagnética) e de sensoriamento remoto (TM-LANDSAT) para a investigação geológica na área do Pojuca (Serra dos Carajás,PA), Dissertação de Mestrado INPE-5532-TDI/521, São José dos Campos, 1993, 133p.
- ROQUIN, C. & ZEEGERS, H. - Improving anomaly selection by statistical estimation of background variations in regional geochemical prospecting. *Journal of Geochemical Exploration*, 1987, v.29, pp.295-316.
- ROUTHIER, P. - Où sont les métaux por l'avenir ? Les provinces métalliques - Essai de métallogénie globale. Orleans, BRGM, Mémoire du BRGM, 1980, n° 105, 407 pp.
- SCARIN, J.L. e TEIXEIRA, A.L.A - Digitalização e conversão raster/vector de mapas, In: *Fator Gis*, Ano2, 1994, n° 6, jul/ago/set, pp.16-20
- SEEGER, P. - Variance analysis of complete designs. Uppsala, Univ. Uppsala, 1966, 225pp.
- SHCHEGLOV, A.D. - Fundamentals of Metallogenic Analysis, Moscou, Mir, 1979, 335pp.
- SILVA, A.T.S.F da; FRANCISCONE, O.; GODOY,A.M. e BATOLLA JR.,F. - Projeto integração e detalhe geológico no vale do Ribeira, Relatório Final, Integração Geológica, Convênio CPRM/DNPM, v.I, 1981, São Paulo.
- SILVA, A.B. - Remotely sensed, geophysical and geochemical data as aids to mineral exploration in Bahia State, Brazil - Thesis of Doctor of Philosophy, The Open University - London, 1991
- SILVA, A.B. - Sistema de informações georeferenciadas: Uma Introdução, apostila de curso, inédita, IG/UNICAMP, 1996, São Paulo,127pp
- SINGER, D.A. & MOSIER, D.L. - A review of regional mineral resource assessment methods, *Economic Geology*, 1981, n° 76, pp.1006-1015
- SOUZA, I.M. - Mineralogia da jazida de cobre do Ribeirão do Perau, Paraná, Tese de Doutorado, USP-Instituto de Geociências, 1971, São Paulo, 213pp.
- SOUZA, I.M. e CAMPANHA, G.A. - Chumbo e cobre no vale do Ribeira. Mina do Perau, Município de Adrianópolis, Estado do Paraná, *Mineração e Metalurgia*, 1977, n°40 (384), pp.4-7
- STANLEY, C. & SINCLAIR, A. - Anomaly recognition for multi-element geochemical data - A background characterization approach - *Journal of Geochemical Exploration*, 1987, v.29, pp. 333-353.
- SUSZCZYNSKI, E.F. - Os recursos minerais reais e potenciais do Brasil e sua metalogenia, Rio de Janeiro, Interciência, 1975, 536pp.

- STAR, J. & ESTES, E. - Geographic Information Systems: An Introduction, Prentice-Hall, Eaglewood Cliffs, New Jersey, 1990
- TAKAHASHI, A.T. et alii - Projeto Guapiara, Relatório Final, contrato CPRM/Pró-Minério, 1984, São Paulo.
- TATSUOKA, M. - Multivariate analysis techniques for educational and psychological research. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1971, 310pp.
- THEODOROVICZ, A. et alii - Projeto Engenheiro Maia-Ribeirão Branco, Relatório Final, contrato CPRM/Pró-Minério, 1986, São Paulo.
- TILLING, R.; GOTTFRIED, D.; ROWE, J. - Gold abundance in igneous rocks: Bearing on gold mineralization. *Economic Geology*, 1973, v.68, pp.168-186.
- TORRES, M.M e VINHA, C.A.G. da - Análise de agrupamentos em dados aerogeofísicos, In:XXX Cong.Bras.Geol., Recife, 1978, Resumo das Comunicações, SBG, Núcleo Nordeste, pp.232
- TREIN, E. et alii - Revisão da formação Itaiacoca: Identificação de uma sequência metavulcanosedimentar em Abapã(PR) In: Simpósio Regional de Geologia, vol.5, Atas, SBG - Núcleo SP, 1985, vol.1, pp.169-186
- VASCONCELOS,R.M.; VINHA C.A.G. da, AZEVEDO,M.L.V.; ORLANDI FILHO V. - Análise de agrupamento em dados aerogeofísicos básicos: Um exemplo de aplicação para levantamentos geológicos básicos, In: XXXVI Cong.Bras.Geol., Natal, 1990, Boletim de Resumos, SBG, Núcleo Nordeste, pp.260.
- VASCONCELOS, R.M. - Geofísica em levantamentos geológicos no Brasil, CPRM, Rio de Janeiro, 1994, Secretaria de Minas e Energia, Ministério de Minas e Energia, 165p.
- ZHOU, D. - Adjustment of geochemical background by robust multivariate statistics - *Journal of Geochemical Exploration*, 1985, v.24, pp.207-222

8 - ANEXOS

A) relatórios estatísticos

A1 - Relatório dos dados estatísticos do mapa geológico no formato raster

A2 - Tabela de médias estatísticas das amostras geoquímicas

A3 - Relatório estatístico da imagem referente as bacias de captação

A4 - Relatório das amostras de sedimento da associação Cu,Pb,Zn e Co

A5 - Relatório das amostras de sedimento da associação Ni,Cu e Co

A6 - Relatório das amostras de sedimento da associação Cu,Pb,Zn e As

A7 - Relatório estatístico dos dados de geologia e geofísica

A8 - Relatório estatístico dos dados de arsênio e geologia

ANEXO A1

RASTER MAP CATEGORY REPORT		
LOCATION: ribeira	Mon Feb 24 16:58:38 1997	
REGION	north: 7306700.35 east: 770602.6 south: 7278535.65 west: 744739.11 res: 50.02611012 res: 50.02609284	
MASK:none		
MAP: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese)		
# description	Category Information	square kilometers
2 PMSpb - Fm.Perau (metabasitos)		14.284903
3 PMSlc - Subgrupo Lageado (marmores)		65.781126
5 PMSif - Fm. Iporanga (filitos, metargilitos, metarenitos)		85.709416
6 PMSEOyag -Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiroide) .		146.420252
7 QHa - Aluvioes (argila, areia e cacalhos inconsolidados)		11.997516
8 PMSla - Subgrupo Lageado (metarenitos)		6.008769
9 PMSlmt - Subgrupo Lageado (metasiltitos)		0.037539
10 PMSpfc - Fm.Perau (filitos carbonosos)		26.137268
12 QPP - Fm. Pariquera-Acu (areia, argila, conglomerados semi-conso .		1.361420
14 PMSimc -Fm. Iporanga ((metacong. polimictico c/seixos metabasic .		0.928469
19 PMSpa - Fm.Perau (metargilito e metapelitos finos)		5.182907
20 PMSpmc - Fm.Perau (metaconglomerados oligomictico)		0.460480
21 PMSpqf - Fm.Perau (quartzo-filitos)		1.544111
22 PMSpcf - Fm.Perau (calcifilitos)		4.514710
23 PMSpff - Fm.Perau (formacoes ferriferas)		0.475496
24 PMSpf - Fm.Perau (filitos e metapelitos)		329.546297
28 PSEOyes - Granito Espirito Santo (granito tipoA a quartzo-sie .		25.006087
TOTAL		725.396765

AMOSTRAS DE COBRE						
ARQUIVO	X	G	D.P	G+P.MISTA	2a.ORDEM	No.AMOSTRAS
CUSOLNSP	53,966	37,777	63,948	101,725	165,673	1064
CUSEDNSP	59,053	47,076	42,395	89,471	131,866	808
CUSEDDSP	3,879	3,339	2,414	5,753	8,167	58
CUSEDSP	49,660	38,481	31,433	69,914	101,347	53
CUROCNSP	715,310	237,858	1107,220	1345,078	2452,298	42
CUROCSP	305,981	98,386	594,936	693,322	1288,258	52
CUBATNSP	16,400	12,280	13,009	25,289	38,298	10
CUBATSP	28,287	15,293	35,732	51,025	86,757	108
					TOTAL	2195
AMOSTRAS DE CHUMBO						
PBSOLNSP	57,941	25,121	301,655	326,776	628,431	1791
PBSEDNSP	108,448	54,280	230,136	284,416	514,552	844
PBSEDSP	55,625	37,692	55,145	92,837	147,982	64
PBSEDDSP	47,051	19,238	66,256	85,494	151,750	58
PBROCNSP	1626,890	297,494	2832,480	3129,974	5962,454	45
PBROCSP	1378,180	115,522	3046,170	3161,692	6207,862	56
PBBATNSP	53,666	49,090	19,699	68,789	88,488	3
PBBATSP	41,677	24,523	73,599	98,122	171,721	113
					TOTAL	2974
AMOSTRAS DE ZINCO						
ZNSOLNSP	38,774	31,438	31,043	62,481	93,524	1064
ZNSEDNSP	126,937	108,677	92,666	201,343	294,009	809
ZNSEDDSP	21,224	15,125	18,789	33,914	52,703	58
ZNSEDSP	200,000	200,000	0,000	200,000	200,000	3
ZNROCNSP	202,214	87,448	345,961	433,409	779,370	42
ZNROCSP	582,500	621,333	788,229	1409,562	2197,791	15
ZNBATNSP	64,600	55,814	33,705	89,519	123,224	10
					TOTAL	2001
AMOSTRAS DE ARSENI0						
ASSOLRSP	57,574	39,402	78,981	118,383	197,364	1709
ASSEDRSP	249,725	125,212	235,857	361,069	596,926	61
ASSEDSP	360,000	323,621	168,523	492,144	660,667	10
ASROCRSP	348,167	212,549	285,876	498,425	784,301	6
ASROCSP	2060,000	1249,300	1765,330	3014,630	4779,960	10
ASBATSP	425,000	330,975	334,477	665,452	999,929	4
					TOTAL	1800
AMOSTRAS DE OURO						
AUSOLBSP	1,132	0,145	2,450	2,595	5,045	52
AUROCBSP	3,187	0,352	11,584	11,936	23,520	40
AUROCF A	3,963	1,185	7,449	8,634	16,083	16
AUBATFA	1,810	0,268	1,790	2,058	3,848	2
					TOTAL	110
AMOSTRAS DE PRATA						
AGSOLNSP	0,558	0,352	0,819	1,171	1,990	48
AGROCNSP	62,344	7,217	105,549	112,766	218,315	9
AGROCF A	77,600	53,859	59,274	113,133	172,407	5
					TOTAL	62

AMOSTRA DE BERILIO						
BESEDSP	1,755	1,460	2,018	3,478	5,496	47
					TOTAL	47
AMOSTRA DE CROMO						
CRSEDSP	119,016	98,349	71,739	170,088	241,827	61
					TOTAL	61
AMOSTRA DE ZIRCONIO						
ZRSEDSP	214,068	173,927	173,128	347,055	520,183	59
					TOTAL	59

RASTER MAP CATEGORY REPORT

LOCATION: ribeira

Mon Feb 24 17:07:57 1997

REGION	north: 7306700.35	east: 770602.6
	south: 7278535.65	west: 744739.11
	res: 50.02611012	res: 50.02609284

MASK:none

MAP: MAPA DAS SUB-BACIAS DA AREA (baciacerta in tese)

#	description	Category Information	square kilometers
2			1.549116
4			6.644432
6			7.044849
8			7.019823
A	corrego Ribeirinho/corrego Monte Alegre.		32.228622
12			3.861529
B	ribeirao Ivaporunduva/Reverso/Ivaporunduvinha.		52.247006
C	corrego da Passagem, corrego Martins		8.448814
18			4.357045
20			24.085127
D	Medio Rio Piloes/corrego Lambari		45.880364
24			0.260272
26			14.294913
28			14.710346
30			4.319506
32			23.872405
34			17.956233
36			34.651150
38			8.731609
40			4.196878
42			3.040672
44			6.028789
46			16.699922
48			7.705539
50			26.930595
E	Baixo Rio Itacolomi.		30.194000
54			10.225668
56			1.486551
58			0.162670
F	Sub-afluentes da margem direita do Alto Ribeirao Itacolomi		9.832758
G	Sub-afluentes da margem direita do alto Ribeirao Itacolomi		10.758724
H	Alto Ribeirao Itacolomi.		20.493880
66			10.165605
68			11.564565
70			12.800854
72			6.696987
74			5.305535
76			7.400220
78			27.799001
I	Tude, Fatal, Poco Grande, Correntinho, Jurumin, Coral, Aperta etc		92.486486
TOTAL			634.139061

RASTER MAP CATEGORY REPORT

LOCATION: ribeira

Mon Feb 24 17:14:02 1997

REGION	north: 7306700.35	east: 770602.6
	south: 7278535.65	west: 744739.11
	res: 50.02611012	res: 50.02609284

MASK: none

MAPS: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese)
 MAPA DE ANOMALIAS 1A.Ordem de Cu,Pb,Zn em SEDIMENTO (cupbzncol.nsp in

# description	Category Information	square meters
2 PMSpb - Fm.Perau (metabasitos)		14,284,903
0 		14,277,395
1 cobre.		5005
5 zinco+cobre.		2503
3 PMSlc - Subgrupo Lageado (marmores)		65,781,126
0 		65,778,623
2 chumbo		2503
5 PMSif - Fm.Iporanga (filitos, metargilitos, metarenitos)		85,709,416
0 		85,704,410
2 chumbo		5005
6 PMSEOyag -Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiroide)		146,420,252
0 		146,417,749
8 cobalto.		2503
7 QHa - Aluvioes (argila, areia e cacalhos inconsolidados)		11,997,516
0 		11,990,008
3 cobre+chumbo		2503
5 zinco+cobre.		2503
8 cobalto.		2503
8 PMSla - Subgrupo Lageado (metarenitos)		6,008,769
0 		6,008,769
9 PMSlmt - Subgrupo Lageado (metasiltitos)		37,539
0 		37,539

10	PMSpfc - Fm.Perau(filitos carbonosos)	26,137,268
	0	26,109,739
	1 cobre.	25,026
	9 cobalto+cobre.	2503
12	QPP - Fm.Pariquera-Acu(areia, argila, conglomerados semi-conso)	1,361,420
	0	1,361,420
14	PMSimc -Fm.Iporanga ((metacong.polimictico c/seixos metabasic	928,469
	0	928,469
19	PMSpa - Fm.Perau(metargilito e metapelitos finos)	5,182,907
	0	5,177,902
	8 cobalto.	5005
20	PMSpmc - Fm.Perau(metaconglomerados oligomictico)	460,480
	0	460,480
21	PMSpqf - Fm.Perau(quartzo-filitos)	1,544,111
	0	1,544,111
22	PMSpcf - Fm.Perau(calcifilitos)	4,514,710
	0	4,464,658
	1 cobre.	42,544
	2 chumbo	2503
	4 zinco.	5005
23	PMSpff - Fm.Perau(formacoes ferriferas)	475,496
	0	475,496
24	PMSpf - Fm.Perau(filitos e metapelitos)	329,546,297
	0	329,421,166
	1 cobre.	25,026
	2 chumbo	17,518
	3 cobre+chumbo	2503
	4 zinco.	32,534
	6 zinco+chumbo	37,539
	8 cobalto.	7508
	9 cobalto+cobre.	2503
28	PSEOyes - Granito Espirito Santo(granito tipoA a quartzo-sie	25,006,087
	0	25,006,087
TOTAL		1725,396,765

RASTER MAP CATEGORY REPORT		
LOCATION: ribeira	Wed Feb 26 08:31:56 1997	
REGION	north: 7306700.35 south: 7278535.65 res: 50.02611012	east: 770602.6 west: 744739.11 res: 50.02609284
MASK: none		
MAPS: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese) MAPA DE ANOMALIAS 1A.Ordem de Ni,Cu e Co EM SEDIMENTO (nicucol.nsp in		
Category Information		cell
#	description	count
2	PMSpb - Fm.Perau(metabasitos)	5708
	0 no data.	5705
	2 cobre.	3
3	PMSlc - Subgrupo Lageado(marmores)	26285
	0 no data.	26285
5	PMSif - Fm.Iporanga(filitos,metargilitos,metarenitos)	34248
	0 no data.	34248
6	PMSEoyag -Granito Agudos Grandes(biotita-granito porfiroide)	58507
	0 no data.	58506
	5 cobalto+niquel	1
7	QHa - Aluvioes(argila,areia e cacalhos inconsolidados)	4794
	0 no data.	4791
	2 cobre.	2
	4 cobalto.	1
8	PMSla - Subgrupo Lageado(metarenitos)	2401
	0 no data.	2401
9	PMSlmt - Subgrupo Lageado(metasiltitos)	15
	0 no data.	15

ANEXO A5

10	PMSpfc - Fm.Perau(filitos carbonosos)	10444
	0 no data.	10433
	2 cobre.	10
	6 cobalto+cobre.	1
12	QPp - Fm.Pariquera-Acu(areia, argila, conglomerados semi-conso	544
	0 no data.	544
14	PMSimc -Fm.Iporanga((metacong.polimictico c/seixos metabasic	371
	0 no data.	371
19	PMSpa - Fm.Perau(metargilito e metapelitos finos)	2071
	0 no data.	2069
	4 cobalto.	2
20	PMSpmc - Fm.Perau(metaconglomerados oligomictico)	184
	0 no data.	184
21	PMSpqf - Fm.Perau(quartzo-filitos)	617
	0 no data.	617
22	PMSpcf - Fm.Perau(calcifilitos)	1804
	0 no data.	1787
	2 cobre.	17
23	PMSpff - Fm.Perau(formacoes ferriferas)	190
	0 no data.	190
24	PMSpf - Fm.Perau(filitos e metapelitos)	131681
	0 no data.	131664
	1 niquel	2
	2 cobre.	11
	4 cobalto.	2
	5 cobalto+niquel	1
	7 cobalto+cobre+niquel	1
28	PSEOyes - Granito Espirito Santo(granito tipoA a quartzo-sie	9992
	0 no data.	9992
TOTAL		289856

RASTER MAP CATEGORY REPORT				
LOCATION: ribeira		Wed Feb 26 08:40:26 1997		
REGION	north: 7306700.35 south: 7278535.65 res: 50.02611012	east: 770602.6 west: 744739.11 res: 50.02609284		
MASK: none				
MAPS: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese) MAPA DE ANOMALIA 1A.ORDEN DE Cu,Pb,Zn e As EM SEDIMENTO (cupbznasl.ns)				
#	description	Category Information	square meters	cell count
2	PMSpb - Fm.Perau (metabasitos)		14,284,903	5708
	0 no data.		14,277,395	5705
	1 cobre.		5005	2
	5 zinco+cobre.		2503	1
3	PMSlc - Subgrupo Lageado (marmores)		65,781,126	26285
	0 no data.		65,778,623	26284
	2 chumbo		2503	1
5	PMSif - Fm.Iporanga (filitos, metargilitos, metarenitos)		85,709,416	34248
	0 no data.		85,704,410	34246
	2 chumbo		5005	2
6	PMSEOyag -Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiroide)		146,420,252	58507
	0 no data.		146,420,252	58507
7	QHa - Aluvioes (argila, areia e cacalhos inconsolidados)		11,997,516	4794
	0 no data.		11,992,511	4792
	3 chumbo+cobre		2503	1
	5 zinco+cobre.		2503	1
8	PMSla - Subgrupo Lageado (metarenitos)		6,008,769	2401
	0 no data.		6,008,769	2401
9	PMSlmt - Subgrupo Lageado (metasiltitos)		37,539	15
	0 no data.		37,539	15
10	PMSpfc - Fm.Perau (filitos carbonosos)		26,137,268	10444
	0 no data.		26,107,236	10432
	1 cobre.		27,529	11
	8 arsenio.		2503	1

12	QPP - Fm.Pariquera-Acu (areia, argila, conglomerados semi-conso	1,361,420	544
	0 no data.	1,361,420	544
14	PMSimc -Fm.Iporanga (metacong.polimictico c/seixos metabasic	928,469	371
	0 no data.	928,469	371
19	PMSpa - Fm.Perau (metargilito e metapelitos finos)	5,182,907	2071
	0 no data.	5,182,907	2071
20	PMSpmc - Fm.Perau (metaconglomerados oligomictico)	460,480	184
	0 no data.	460,480	184
21	PMSpqf - Fm.Perau (quartzo-filitos)	1,544,111	617
	0 no data.	1,544,111	617
22	PMSpcf - Fm.Perau (calcifilitos)	4,514,710	1804
	0 no data.	4,459,652	1782
	1 cobre.	42,544	17
	2 chumbo	2503	1
	4 zinco.	5005	2
	8 arsenio.	5005	2
23	PMSpff - Fm.Perau (formacoes ferriferas)	475,496	190
	0 no data.	475,496	190
24	PMSpf - Fm.Perau (filitos e metapelitos)	329,546,297	131681
	0 no data.	329,426,171	131633
	1 cobre.	27,529	11
	2 chumbo	17,518	7
	3 chumbo+cobre	2503	1
	4 zinco.	32,534	13
	6 zinco+chumbo	37,539	15
	8 arsenio.	2503	1
28	PSEOyes - Granito Espirito Santo (granito tipoA a quartzo-sie	25,006,087	9992
	0 no data.	25,006,087	9992
TOTAL		725,396,765	289856

RASTER MAP CATEGORY REPORT

LOCATION: ribeira

Wed Feb 26 08:44:20 1997

REGION north: 7306700.35 east: 770602.6
 south: 7278535.65 west: 744739.11
 res: 50.02611012 res: 50.02609284

MASK: none

MAPS: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese)
 Mapa de U,Th,K (2-3 ordens) (ktu.10 in tese)

# description	Category Information	square kilometers	% cover
0		0.302816	0.04
2 K.		0.302816	100.00
2 PMSpb - Fm.Perau (metabasitos)		14.284903	1.97
0 no data.		11.552052	80.87
1 Th		0.075078	0.53
2 K.		1.761838	12.33
3 Th+K		0.120125	0.84
4 U.		0.553077	3.87
5 U+Th		0.215225	1.51
6 U+K.		0.007508	0.05
3 PMSlc - Subgrupo Lageado (marmores)		65.781126	9.06
0 no data.		45.572543	69.28
2 K.		0.197706	0.30
4 U.		20.010876	30.42
5 PMSif - Fm.Iporanga (filitos, metargilitos, metarenitos)		85.709416	11.81
0 no data.		27.363547	31.93
1 Th		2.615228	3.05
2 K.		30.226534	35.27
3 Th+K		9.304707	10.86
4 U.		11.927443	13.92
5 U+Th		0.187696	0.22
6 U+K.		3.253394	3.80
7 U+K+Th		0.830867	0.97
6 PMSEoyag -Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiroide)		146.420252	20.18
0 no data.		36.152716	24.69
1 Th		39.065755	26.68
3 Th+K		1.939523	1.32
4 U.		7.828167	5.35
5 U+Th		49.909568	34.09
7 U+K+Th		11.524523	7.87

7 QHa - Aluvioes (argila, areia e cacalhos inconsolidados)	11.997516	1.65
0 no data.	10.863834	90.55
2 K.	0.798333	6.65
3 Th+K	0.205214	1.71
4 U.	0.082586	0.69
6 U+K.	0.047550	0.40
8 PMSla - Subgrupo Lageado (metarenitos)	6.008769	0.83
0 no data.	6.008769	100.00
9 PMSlmt - Subgrupo Lageado (metasiltitos)	0.037539	0.01
0 no data.	0.037539	100.00
10 PMSpfc - Fm.Perau (filitos carbonosos)	26.137268	3.60
0 no data.	22.688670	86.81
2 K.	3.448598	13.19
12 QPP - Fm.Pariquera-Acu (areia, argila, conglomerados semi-conso)	1.361420	0.19
0 no data.	1.361420	100.00
14 PMSimc - Fm.Iporanga ((metacong.polimictico c/seixos metabasic)	0.928469	0.13
0 no data.	0.310324	33.42
2 K.	0.430449	46.36
3 Th+K	0.187696	20.22
19 PMSpa - Fm.Perau (metargilito e metapelitos finos)	5.182907	0.71
0 no data.	5.057776	97.59
2 K.	0.125131	2.41
20 PMSpmc - Fm.Perau (metaconglomerados oligomictico)	0.460480	0.06
0 no data.	0.400418	86.96
2 K.	0.060063	13.04
21 PMSpqf - Fm.Perau (quartzo-filitos)	1.544111	0.21
0 no data.	1.121170	72.61
2 K.	0.422941	27.39
22 PMSpcf - Fm.Perau (calcifilitos)	4.514710	0.62
0 no data.	3.748911	83.04
2 K.	0.765799	16.96
23 PMSpff - Fm.Perau (formacoes ferriferas)	0.475496	0.07
0 no data.	0.320334	67.37
2 K.	0.155162	32.63

24	PMSpf - Fm.Perau(filitos e metapelitos)	329.546297	45.41
0	no data.	214.546324	65.10
1	Th	3.353499	1.02
2	K.	90.769695	27.54
3	Th+K	1.706781	0.52
4	U.	10.881352	3.30
5	U+Th	0.815851	0.25
6	U+K.	6.289061	1.91
7	U+K+Th	1.183735	0.36
28	PSEOyes - Granito Espirito Santo(granito tipoA a quartzo-sie	25.006087	3.45
0	no data.	24.996077	99.96
2	K.	0.010010	0.04
TOTAL		725.699581	100.00

RASTER MAP CATEGORY REPORT	
LOCATION: ribeira	Wed Feb 26 08:48:10 1997
REGION	north: 7306700.35 east: 770602.6 south: 7278535.65 west: 744739.11 res: 50.02611012 res: 50.02609284
MASK: none	
MAPS: MAPA GEOLOGICO RASTER AREA MODELAGEM/RIBEIRA (georas in tese) MAPA DE ANOMALIA 2A.Ordem de Arsenio em Sedimento (arsenio2.nsp in te	
Category Information	
# description	cell count
2 PMSpb - Fm.Perau (metabasitos)	5708
0 	5705
1 362 a 596 ppm = anomalia 2a.Ordem de Arsenio em Sedimento/RS . .	3
3 PMSlc - Subgrupo Lageado (marmores)	26285
0 	26285
5 PMSif - Fm.Iporanga (filitos, metargilitos, metarenitos)	34248
0 	34248
6 PMSEoyag -Granito Agudos Grandes (biotita-granito porfiroide)	58507
0 	58507
7 QHa - Aluvioes (argila, areia e cacalhos inconsolidados)	4794
0 	4794
8 PMSla - Subgrupo Lageado (metarenitos)	2401
0 	2401
9 PMSlmt - Subgrupo Lageado (metasiltitos)	15
0 	15
10 PMSpfc - Fm.Perau (filitos carbonosos)	10444
0 	10439
1 362 a 596 ppm = anomalia 2a.Ordem de Arsenio em Sedimento/RS . .	5
12 QPP - Fm.Pariquera-Acu (areia, argila, conglomerados semi-conso	544
0 	544

14	PMSimc - Fm. Iporanga (metacong. polimictico c/seixos metabasic	371
	0 	371
19	PMSpa - Fm. Perau (metargilito e metapelitos finos)	2071
	0 	2071
20	PMSpmc - Fm. Perau (metaconglomerados oligomictico)	184
	0 	184
21	PMSpqf - Fm. Perau (quartzo-filitos)	617
	0 	617
22	PMSpcf - Fm. Perau (calcifilitos)	1804
	0 	1800
	1 362 a 596 ppm = anomalia 2a. ordem de arsenio em sedimento/RS . .	4
23	PMSpff - Fm. Perau (formacoes ferriferas)	190
	0 	190
24	PMSpf - Fm. Perau (filitos e metapelitos)	131681
	0 	131677
	1 362 a 596 ppm = anomalia 2a. ordem de arsenio em sedimento/RS . .	4
28	PSEOyes - Granito Espirito Santo (granito tipoA a quartzo-sie	9992
	0 	9992
TOTAL		289856

B) Comandos de *softwares*

1 - POLYGRET - módulo do software GEOQUANT que seleciona todos os registros que se encontram dentro dos limites estabelecidos pelos pares de coordenadas de um polígono.

2 - BINCHR - módulo do software GEOQUANT para converter dados binários para o formato Ascii.

3 - R.RECLASS - módulo do software GRASS para executar análise algébrica não-cumulativa através da reclassificação de imagens.

4 - R. RESAMPLE - módulo do software GRASS para recuperar a topologia inicial das imagens que foram reclassificadas.

5 - I.GREY.SCALE - módulo do software GRASS para transformar imagens inicialmente RGB em imagens com tonalidades de cinza.

6 - I.GROUP - módulo do software GRASS para agrupar imagens

7 - R.SUPPORT - módulo do software GRASS para criar header, tabela de cores, construção de histograma e edição das categorias nas imagens raster

8 - I.COMPOSITE - módulo do software GRASS para criar uma composição colorida em RGB

9 - V.IN.ASCII - módulo do software GRASS para importar banco de dados no formato Ascii e converte-los no seu formato próprio.

10- V.SUPPORT - módulo do software GRASS para criar a topologia nos arquivos vetoriais, bem como editar as categorias.

11- V.PATCH - módulo do software GRASS que executa análise algébrica cumulativa de arquivos vetoriais através da adição.

12- V.OUT.ASCII - módulo do software GRASS para exportar um banco de dado no formato binário e gravá-lo em Ascii

13- V.TRANSFORM - módulo do software GRASS responsável pela conversão das coordenadas XY em coordenadas UTM num mapa vetorial gravado no formato Ascii.

14- V.TO.RAST - módulo de conversão do software GRASS que efetua a conversão de um dado vetorial em dado matricial ou raster.

15- R.SURF.IDW - módulo do software GRASS responsável pela elaboração de mapas de superfície contínua, através da interpolação dos dados usando o inverso do quadrado da distancia como método interpolador.

16- R.WATERSHAD - módulo do software GRASS responsável pela geração de sub-bacias de captação, a partir do modelo digital de terreno (MDT).

17- R.WEIGHT - módulo do software GRASS responsável pela realização de análises algébricas não-cumulativas tipo ponderação de atributos.

18- R.REPORT - módulo do software GRASS responsável pela emissão de relatórios estatísticos resultantes das operações algébricas não-cumulativas tipo overlay

19- R.COIN - módulo do software GRASS responsável pela realização dos testes de coincidência entre diversos mapas integrados