

UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

O EMPREGO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO
GEO-REFERENCIADA (SIG) NA IDENTIFICAÇÃO
DOS CORPOS MÁFICOS-ULTRAMÁFICOS DA
REGIÃO DE UAUÁ-BAHIA

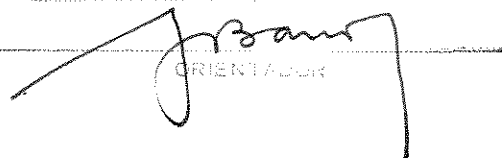
Maria Araguacy Rodrigues Simplício

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Este exemplar corresponde ao
redigido por Maria Araguacy R. Simplício
e aprovado em 18/09/95

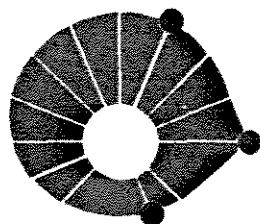
CAMPINAS - SÃO PAULO

AGOSTO - 1995


ORIENTADOR

Si57e

25863/RC



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

**O Emprego de Sistema de Informação Geo-
Referenciada (SIG) na Identificação dos Corpos
Máficos-Ultramáficos da Região de Uauá - Bahia**

Maria Araguacy Rodrigues Simplicio

**Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em
Geociências.**

Orientador: Ardemírio de Barros Silva - IG/UNICAMP

Co-Orientador: Elson Paiva Oliveira - IG/UNICAMP

CAMPINAS - SÃO PAULO

AGOSTO - 1995



UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	T/UNICAMP
V.	Si57e
T. A. B.	25.863
PREC.	433/95
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	78.11.00
DATA	06/10/95
N.º CPD	

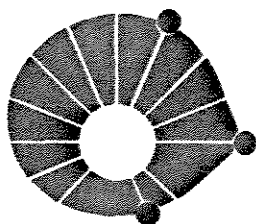
CM-00077480-2

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA I.G. - UNICAMP

Si57e Simplicio, Maria Araguacy Rodrigues
O emprego de sistema de informação Geo-rerenciada (SIG) na identificação dos corpos máficos-ultramáficos da região de UAUÁ-Bahia: área de metalogênese / Maria Araguacy Rodrigues Simplicio.- Campinas, SP: [s.n.], 1995.

Orientador: Ardemirio de Barros Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.

1. Sistema de Informação Geografica (SIG). 2. Processamento Digital de Imagens. 3. Rochas Ultrabásicas. I. Silva, Ardemirio Barros. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. III. Título.



UNICAMP

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

O Emprego de Sistema de Informação Geo-Referenciada (SIG) na
Identificação dos Corpos Máficos-Ultramáficos da Região de Uauá - Bahia

AUTOR: Maria Araguacy Rodrigues Simplicio

ORIENTADOR: Ardemírio de Barros Silva

CO-ORIENTADOR: Elson Paiva Oliveira

COMISSÃO EXAMINADORA

PRESIDENTE: Ardemírio de Barros Silva - IG/UNICAMP

EXAMINADORES: Elisabete Maria Pascholati - IG/UNICAMP

Jansle Vieira Rocha - FEAGRI/UNICAMP

CAMPINAS, AGOSTO DE 1995

**"Hay hombres que luchan un día y son buenos
Hay otros que luchan un año y son mejores
Hay quienes luchan muchos años y son muy buenos
Pero hay los que luchan toda la vida
Esos son los imprescindibles"**

Bertold Brecht

A Sérgio, por seu apoio e constante companheirismo.

A pequena Ana Maria, pela sua vinda e seu sorriso.

A Paulo e Maria do Carmo, por toda uma vida de trabalho.

AGRADECIMENTOS

A execução deste trabalho tornou-se possível devido a participação de diversas pessoas e entidades, que colaboraram de diversas maneiras.. Portanto, ficam aqui registrados os meus sinceros agradecimentos.

A FAEP/UNICAMP (Proc.1063/92) pela aquisição das Imagens de Satélite.

A FAPESP (Proc.93/4392-5) pela verba cedida para o trabalho de campo.

A CPRM por ceder os Dados Geofísicos.

A Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, órgãos responsáveis diretamente pela realização deste trabalho.

Em especial aos meus orientadores e amigos, Ardemírio de Barros Silva e Elson de Paiva Oliveira, pela paciência e dedicação; pelos esclarecimentos, correções, sugestões e pela valorosa ajuda prestada em toda etapa, oferecendo críticas e observações inestimáveis.

As "meninas" da biblioteca (Cássia, Márcia e Dora) pela disponibilidade e pela dedicação e boa vontade de sempre colaborar.

A Secretária Valdirene Pinotti, pela sua competência e boa vontade de sempre ajudar.

Aos professores Elisabete Pascholati, Gilberto Amaral e Álvaro Crósta, pelas críticas e sugestões, e pela boa disposição de emprestar seu material didático.

A analista Patrícia Cerqueira, pelo auxílio prestado durante todo o trabalho de processamento.

Ao geólogo Edson Ribeiro, pela ajuda prestada no início do tratamento dos dados geofísicos.

Ao geólogo Marco Paixão, pela auxílio prestado durante a etapa de campo.

Ao professor Michel Henri Arthaud - UFC(CE), pela enorme vontade de transmitir o muito que sabe e por ser a primeira pessoa a me por a frente de um computador.

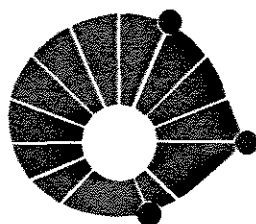
A professora Loreci -UFC(CE), pelo incentivo e pelo enorme apoio prestado no início do curso.

Aos colegas Mauro Martini e Karin Réquia, pela agradável companhia e pelas críticas e sugestões ocorridas durante todo o curso.

A pequena grande família formada ao acaso por aqui, em especial Marquinho, Cris, Zig, Sônia, Josué, Claudinha e Paulo, pela o companheirismo e boa convivência.

Ao companheiro, amigo e marido, Sérgio Ribeiro de Almeida, pela dedicação, paciência e ajuda prestada na etapa final desse trabalho.

Na possibilidade de ter obtido ajuda e ter omitido outras pessoas, que de forma direta ou indireta contribuíram para elaboração deste trabalho, deixo, desde já, manifestada minha gratidão.



UNICAMP

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RESUMO

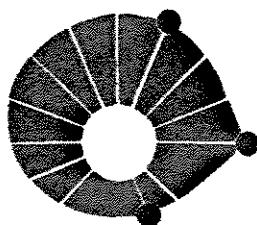
**O Emprego de Sistema de Informação Geo-Referenciada (SIG) na
Identificação dos Corpos Máficos-Ultramáficos da Região de Uauá - Bahia**

Maria Araguacy Rodrigues Simplicio

A análise baseada em Processamento Digital de Imagens/Sistemas de Informação Geo-Referenciada (SIG) foi empregada para co-registrar e analisar o banco de dados, composto de imagens Landsat/TM, dados aerogeofísicos, mapas geológicos e topográficos da região de Uauá, nordeste do estado da Bahia. Este estudo foi realizado para identificar os corpos máficos-ultramáficos conhecidos e auxiliar na localização de outros eventualmente não mapeados visto que, em regiões continentais, esses corpos são importantes repositórios de recursos minerais, valiosos indicadores de ambientes geológicos e excelente objeto para o estudo de processos magmáticos. Para tanto, usou-se a integração de dados geológicos, aerogeofísicos e Landsat/TM, com o auxílio da metodologia de **Sistema de Informação Geo-Referenciada (Grass4.1)**

Para alcançar o objetivo, a sistemática adotada foi a seguinte: iniciou-se com uma pesquisa na literatura, destacando-se o posicionamento geotectônico, revisão dos trabalhos existentes, com ênfase a rochas máficas-ultramáficas e suas ocorrências minerais associadas. Em seguida, foi realizada uma análise dos dados disponíveis, sendo posteriormente transformados para um formato digital compatível com o **Sistema de Informação Geo-Referenciada** usado, sendo portanto, nessa fase aplicadas técnicas de controle do erro operacional envolvido no processo de captura dos dados. O Processamento Digital de Imagens constitui uma fonte adicional de informações, revelando subsídios valiosos para a execução do trabalho de campo, facilitando a visualização de feições espectrais, estruturas geológicas e mostrando uma melhor compartimentação geotectônica da área. O comportamento dos dados aerogeofísicos permitiu caracterizar as unidades magnéticas, refletindo a presença de terrenos máficos, constituindo um importante auxílio para o mapeamento geológico. Tornou-se possível mapear ocorrências de rochas graníticas visto que em determinadas regiões exibem os mais elevados níveis radiométricos de K, U e Th.

Desses dados, áreas anômalas foram definidas e a partir de então, foi aplicada a fusão, selecionando-se áreas com a presença de rochas máficas-ultramáficas que apresentaram fatores geológicos condicionantes a mineralizações, recomendando-se portanto, que investigações geológicas futuras sejam realizadas.



UNICAMP

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ÁREA DE METALOGÊNESE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ABSTRACT

The employment of Geo-Referenced Information Systems (GIS) for identification of the mafic-ultramafic bodies from the Uauá region - Bahia

Maria Araguacy Rodrigues Simplicio

The analysis based on Image Digital Processing and Geo-Referenced Information System (GIS) was employed to co-register and analyse the data base, made up by Landsat/Tm images, aerogeophysics data, geological and topographic maps from Uauá region, northeastern of Bahia, Brazil. This study attempts to identify the known mafic-ultramafic bodies and to contribute for localization of other bodies eventually not found, since these bodies are important host of mineral resources, good indicator of geological environments and excellent subjects for the magmatic processes study, in continental regions. In this way, it was used the integration of geological, aerogeophysics and Landsat/TM data, through the methodology of Geo-Referenced Information Systems (GIS).

To reach the objective, the following methodology was adopted: initially, the geological study of the region was done, with emphasis in the geotectonics, together with a review in previous works, specially the ones related to mafic-ultramafic rocks and their mineral occurrences associated. The next phase consisted of analysis of the available data, that were transformed to a digital format compatible with the GIS used. Operational error techniques involved in the data capture process were employed in this phase.

The image digital processing constitutes an additional source of informations, revealing important subsidies for the field work, becoming it easily to visualize the spectral features, geological structures and showing a better geotectonic compartment of the area. The behavior of aerogeophysics data led to the characterization of magnetic units, showing the presence of mafic terrains, constituting an important instrument to the geological mapping. It was possible to show the granitic rocks occurrences in some regions through the most elevated radiometric levels of U, K e Th.

From these data, anomalous areas were defined and the subsequent fusion selected areas of mafic-ultramafic rocks with favorable geological factors to mineralizations, suggesting geological investigations in the next future.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABELAS

1- INTRODUÇÃO.....	01
1.1- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	02
1.2- OBJETIVOS	02
1.3- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS FISIOGRAFICOS.....	03
2- REVISÃO DA LITERATURA	05
2.1- POSICIONAMENTO GEOTECTÔNICO	05
2.2- TRABALHOS ANTERIORES DA REGIÃO DE UAUÁ	11

2.3- ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA.....	17
3- MINERALIZAÇÕES ASSOCIADAS A CORPOS MÁFICOS-ULTRAMÁFICAS.....	19
3.1- INTRODUÇÃO	19
3.2- METALOGENIA DE CORPOS MÁFICOS-ULTRAMÁFICOS	20
3.3- ROCHAS MÁFICAS-ULTRAMÁFICAS E OCORRÊNCIAS MINERAIS	
DA REGIÃO DE UAUÁ	24
4- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4.1- AQUISIÇÃO DOS DADOS	25
4.2- CAPTURA DOS DADOS	27
4.3- BANCO DE DADOS	29
4.4- CORREGISTRO	33
4.5- INTEGRAÇÃO DOS DADOS	34
5- TRATAMENTO DOS DADOS LANDSAT/TM	35
5.1- INTRODUÇÃO	35

5.2- PRÉ-PROCESSAMENTO	36
5.2.1- SELEÇÃO DAS BANDAS	39
5.3- PROCESSAMENTO DOS DADOS LANDSAT/TM	40
5.3.1- TÉCNICAS DE REALCE	40
5.3.2- TRANSFORMAÇÃO POR PRINCIPAIS COMPONENTES	43
5.3.3- REALCE POR DECORRELAÇÃO	51
5.3.4- REALCE DE BORDA	54
5.4- CONCLUSÕES	56
6- DADOS GEOFÍSICOS	57
6.1- INTRODUÇÃO	57
6.2- TRATAMENTO DOS DADOS GEOFÍSICOS	60
6.2.1- NATUREZA DOS DADOS	60
6.3- PROCESSAMENTO DOS DADOS GEOFÍSICOS	61

6.4- INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	63
6.4.1- DADOS MAGNETOMÉTRICOS	63
6.4.2- DADOS RADIOMÉTRICOS	64
6.5- CONCLUSÕES	71
7- SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEO-REFERENCIADA	72
<hr/>	
7.1- INTRODUÇÃO	72
7.2- FUNÇÕES DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEO-REFERENCIADA	74
7.2.1- OPERAÇÕES BOOLEANAS	75
7.2.2- ANÁLISE DE PROXIMIDADE	75
7.2.3- OPERAÇÕES DE VIZINHANÇAS	78
7.3- QUALIDADE DOS DADOS	78
7.4- MODELOS DECISIVOS	79
7.4.1- INFORMAÇÃO ESTRUTURAL	79

7.4.2- MODELO LITOLÓGICO	80
7.5- FUSÃO DOS DADOS	81
7.5.1- INTRODUÇÃO	81
7.5.2- ORGANIZAÇÃO	82
7.5.2.1- SELEÇÃO PRELIMINAR DE ÁREAS OU ALVOS	83
7.5.2.2- CENÁRIOS COM ÁREAS MÁFICAS-ULTRAMÁFICAS POTENCIAIS OU NÃO A MINERALIZAÇÕES	88
8- CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96

LISTA DE FIGURAS

FIG.1.1- MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA ESTUDADA	04
FIG.2.1- ESBOÇO GEOLÓGICO DAS PROVÍNCIAS GEOCRONOLÓGICAS DA PARTE SETENTRIONAL DO CRÁTON SÃO FRANCISCO	08
FIG.2.2- MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE UAUÁ	09
FIG.4.1- DADOS DISPONÍVEIS DA ÁREA ESTUDADA	26
<hr/>	
FIG.4.2- FLUXOGRAMA APRESENTANDO A ARQUITETURA DO BANCO DE DADOS DA ÁREA ESTUDADA	32
FIG.5.1- SISTEMAS DE COORDENADAS CARTESIANAS PARA O MAPA E A IMAGEM A PARTIR DA SELEÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE PARA IMPLEMENTAÇÃO REGISTRO DA IMAGEM.....	38
FIG.5.2- O TRIPLETE 4,5,6 SELECIONADO PARA A REGIÃO DE UAUÁ	41
FIG.5.3- PORCENTAGEM DE VARIÂNCIA CORRESPONDENTE A CADA COM PONENTE PRINCIPAL PARA O CONJUNTO DAS SEIS BANDAS DO ESPECTRO REFLETIDO	45
FIG.5.4- ANÁLISE DOS PRINCIPAIS COMPONENTES - PC5	46
FIG.5.5- COEFICIENTE DE CONTRIBUIÇÃO DAS BANDAS TM PARA CADA COMPONENTE PRINCIPAL.....	50

FIG.5.6- REALCE POR DECORRELAÇÃO DE D7,D5,D4 EM RGB PARA A REGIÃO DE UAUÁ	53
FIG.5.7- LINEAMENTOS DO MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE UAUÁ E OS DERIVADOS DA IMAGEM TM.....	55
FIG.6.1- IMAGEM DOS DADOS AEROMAGNÉTICOS	65
FIG.6.2- IMAGEM DE TÓRIO	67
FIG.6.3- IMAGEM URÂNIO	68
FIG.6.4- IMAGEM POTÁSSIO	69
FIG.6.5- IMAGEM COMPOSIÇÃO FALSA-COR DE eU, eTH E K EM RGB E AS IMAGENS BOOLEANAS MOSTRANDO OS ALTOS VALORES E SEUS CORRESPONDENTES LITOLÓGICOS	70
FIG.7.1- IMAGEM GERADA A PARTIR DE OPERAÇÕES BOOLEANAS DOS FILITOS DA REGIÃO	76
FIG.7.2- ANÁLISE DE PROXIMIDADE NAS ESTRUTURAS EXISTENTES NA REGIÃO.....	77
FIG.7.3- MAPA COM AS FEIÇÕES ESPECTRAIS	86
FIG.7.4- MAPA FUNDIDO (ANOMALIAS MAGNÉTICAS + ESPECTRAIS) ENVOLVENDO OPERAÇÕES DE "OVERLAY" COM FEIÇÕES ESTRUTURAIS E DADOS DE CAMPO	89

FIG.7.5- MAPA DO COMPLEXO ANORTOSÍTICO ENVOLVENDO OPERAÇÕES DE "OVERLAY" COM FEIÇÕES ESTRUTURAIS E DADOS DE CAMPO	93
---	----

1- Introdução

A disponibilidade de dados Landsat/TM tem-se constituído uma ferramenta bastante útil em investigações geológicas que vão desde o mapeamento regional e prospecção, até a delimitação de corpos mineralizados e zonas de alteração hidrotermal. Se a este potencial adicionam-se as informações dos dados aerogeofísicos, é possível que melhores resultados possam ser alcançados para estabelecer um modelo prospectivo a partir do manuseio, da análise e integração de todos esses dados. Somam-se ainda, os **Sistemas de Informação Geo-Referenciada (SIG)**, usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para resolver desafios ligados a problemas que possam ser equacionados e compilados por computadores em se tratando de análise espacial, fechando um ciclo com as principais tendências atuais dentro do campo da informatização e otimização das informações de carácter geológico.

Nesse sentido, não cabe mencionar uma avaliação do mérito deste instrumental, mas uma constante procura de seu entendimento, através de novas técnicas que venham a se somar as existentes, abrindo perspectivas para novas aplicações. É sobre este aspecto básico, o nível em que é possível discriminar corpos máficos-ultramáficos de uma região semi-árida no Nordeste do Brasil, através das características espectrais de imagens Landsat-TM e aerogeofísicas, e com auxílio do **Sistemas de Informação Geo-Referenciada (SIG)**, que reside todo o esforço que motivou este trabalho.

1.1- Estrutura da Dissertação

A dissertação é dividida em oito capítulos. O primeiro trata da introdução, estruturação, bem como objetivos, localização da área e aspectos fisiográficos. O segundo e o terceiro mostram uma revisão da literatura e das mineralizações associadas a corpos máficos-ultramáficos respectivamente. Já no quarto destacam-se os procedimentos metodológicos adotados. O quinto capítulo mostra a interpretação dos dados Landsat/TM e o produto final que irá ser integrado com os outros grupos de dados. O resultado da interpretação dos dados aerogeofísicos é visto no capítulo sexto. O capítulo sétimo destaca a importância dos **Sistemas de Informação Geo-Referenciada (SIG)** e define as principais características para a seleção das áreas alvos, bem como a fusão de todos os grupos de dados usados neste estudo, permitindo definir as áreas alvos, compostas de rochas máficas-ultramáficas potenciais ou não a mineralizações. As conclusões decorrentes de todo o trabalho são reunidas no capítulo oitavo, que encerra a dissertação. Finalmente, as listas de referências citadas ao longo do texto podem ser vistas nas referências bibliográficas.

Vale salientar que uma revisão completa dos assuntos propostos se desvia da proposição original do trabalho. Conceitos e aplicações são discutidas com detalhes na literatura, portanto qualquer particularidade não será questionada.

1.2- Objetivos

- Identificar corpos máficos-ultramáficos a partir de dados multiespectrais e aerogeofísicos.
- Estabelecer uma metodologia usando Sistema de Informação Geo-Referenciada

através das técnicas de processamento de imagens aerogeofísicas e Landsat/TM, que combinadas tornaram, possível selecionar regiões de ocorrências de corpos máficos-ultramáficos.

1.3- Localização da Área e Aspectos Fisiográficos

A área estudada está situada na região nordeste do Estado da Bahia, mais precisamente nas Folhas Uauá (SC. 24-V-D-VI) e Pinhões (SC. 24-V-D-V) editadas pela MINTER/SUDENE (1977) em uma escala de 1:100.000, onde perfaz aproximadamente 1314 km².

Geograficamente, a área encontra-se delimitada pelas coordenadas 9° 30' e 9° 52' de latitude Sul e 39° 22' e 39° 40' de longitude Oeste.

O acesso à região, partindo-se de Salvador, por via terrestre pode ser feito da seguinte maneira: pela BR-324 até Capim Grosso; a partir daí, segue-se pela BR-407 até às proximidades de Jaguarari, onde existe uma estrada não pavimentada, até a cidade de Uauá (Fig.1.1).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSO

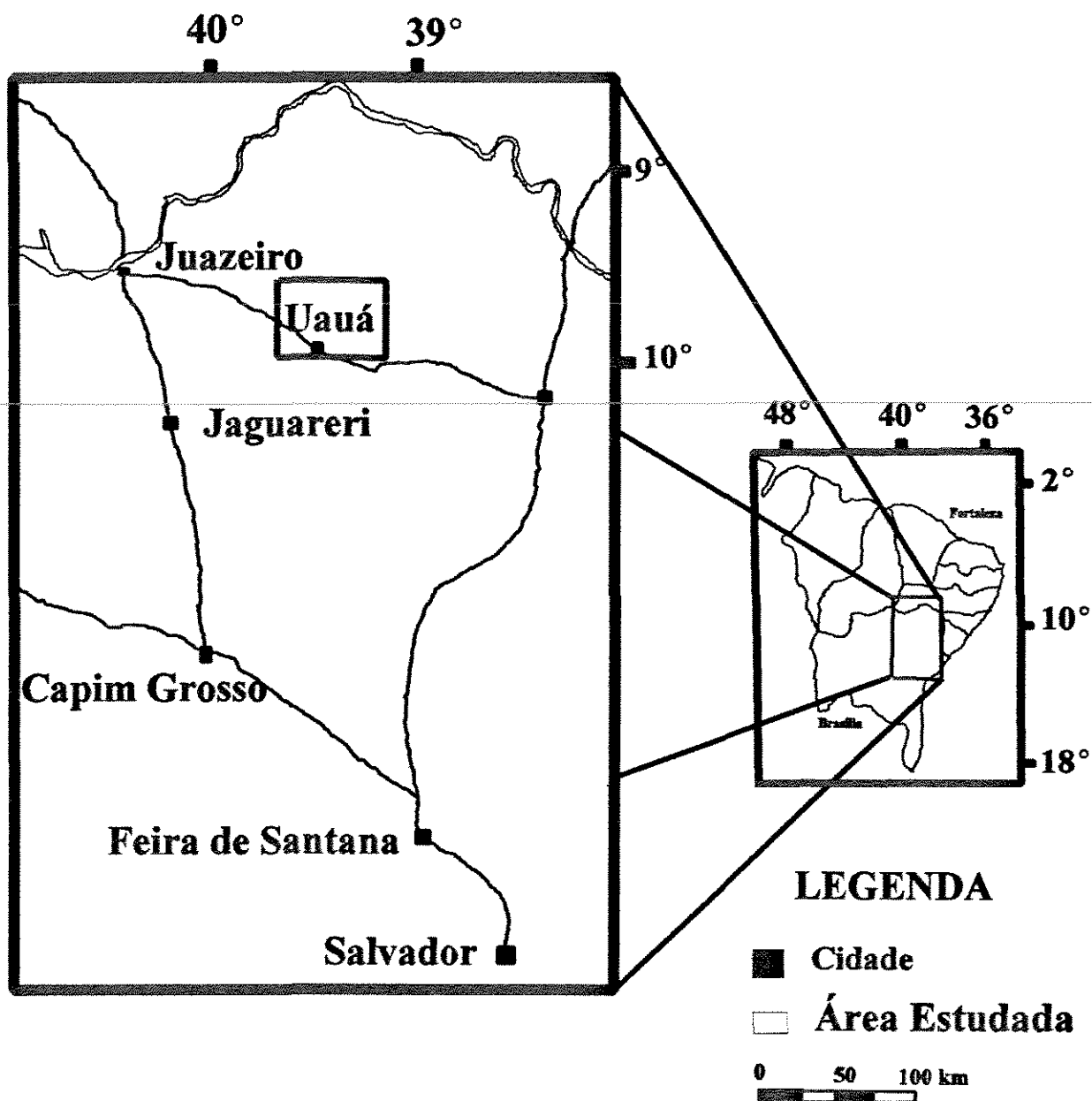


Fig.1.1- Mapa de Localização e Acesso da Área Estudada

A região é drenada pelo rio Vaza Barris e seus afluentes, de regimes irregulares e intermitentes, possuindo lâmina d'água apenas no período chuvoso, consequência direta das condições climáticas impostas a área.

O clima é quente e seco, tipicamente semi-árido com duas estações distintas: uma seca (verão), de longa duração, que se situa entre os meses de maio a dezembro, caracterizada por temperaturas elevadas, e a outra chuvosa (inverno), de curta duração, que se estende entre os meses de janeiro a abril, mas com certa irregularidade. A temperatura chega em médias máximas em torno de 30° C e médias mínimas entre 20° C e 25° C. A agricultura é quase nula, sendo os solos pouco espessos e de baixa fertilidade, associada a vegetação pouco densa, arbustiva e de aspecto xerófilas, representadas, principalmente, por aroeiras, juazeiros, e as cactáceas, cujas espécies mais comuns são mandacaru, xique-xique e coroa-de-frade.

2- Revisão da Literatura

2.1- Posicionamento Geotectônico

O Cráton São Francisco (Almeida, 1977) ou Província São Francisco (Mascarenhas et al., 1984) representa um núcleo estabilizado no término do Ciclo Transamazônico, ao final do Proterozóico Inferior, margeado por regiões que sofreram regeneração durante o Ciclo Brasileiro, ou ainda uma área continental que restou estável a partir de uma grande placa litosférica neoproterozóica, a qual sofreu processos de subducção e colisão (Neves & Alkmin, 1993).

Essa entidade geotectônica, que atuou como antepaís durante o Ciclo Brasileiro

(0.70-0.45 Ga) (Almeida, 1977; Cordani & Neves, 1982; Mascarenhas & Garcia, 1989; Teixeira & Figueiredo, 1991) é circundada por Faixas de Dobramento Brasileiras: Araçuaí e Brasília (Almeida, 1968, 1977), Rio Preto (Inda & Barbosa, 1978), Riacho do Pontal, Sergipana (Neves, 1975) e Alto Rio Grande (Hasui, 1982; Hasui & Oliveira, 1984), tendo como mais representativos ciclos de sua evolução: os ciclos Jequié e Transamazônico, com idades (Rb-Sr) 2.9-2.6 Ga e 2.1-1.8 Ga respectivamente (Almeida et al. 1981, Almeida & Hasui, 1984).

Nessa área cratônica são reconhecidos os seguintes terrenos de idade Arqueana e Proterozóico Inferior (Cordani & Neves, 1982, Mascarenhas & Sá, 1982):

- Terrenos *granito-greenstone*, representados pelos *greenstone-belt* Rio da Velhas na parte sul, e o *greenstone-belt* do Rio Itapicuru, na parte norte. Tais terrenos contém outras sequências supracrustais tais como Contendas-Mirante, Rio Capim, Grupo Minas e a Sequência Jacobina.

- Terrenos gnaisses de médio a alto grau na parte nordeste (Curaçá e Jacurici), que foram sujeitos a extensiva granitização durante o Transamazônico. Esses terrenos foram intrudidos por complexos máficos-ultramáficos (Caraíba e Medrado) e contém núcleos antigos (Pré-Jequié) conhecidos por Mutuípe e Iramaia no Estado da Bahia (Mascarenhas et al., 1986).

O Aulacógeno Espinhaço (Costa & Inda, 1982), representante do principal episódio extensional de idade Uruaçuano (ocorrido entre o Transamazônico e o Brasileiro), proporcionou a extensão de um vulcanismo ácido pouco expressivo (Schobbenhaus & Kaul, 1971; Sá, 1981; McReath et al, 1981), a deposição de sedimentos clásticos, carbonáticos e pelíticos do Proterozóico Superior, representado pelo Grupo Bambuí e por diques deformados e metamorfisados pela Orogênese Brasileira, e ainda a deposição de clásticos marinho raso e subsequente deformação (Bruni, 1976; Neves et al., 1979; Sá, 1981). Enxames de diques máficos ocorrem também associados

a esse episódio (Oliveira & Montes, 1984; Teixeira, 1985; Sial et al., 1987; Marshak & Alkmin, 1989; Oliveira & Knauer, 1993).

Teixeira (1993), apresentou o estágio atual do conhecimento geocronológico do Cráton São Francisco, com base numa avaliação integrada e qualitativa do conjunto de dados publicados (Rb-Sr, K-Ar, Sm-Nd, U-Pb, Pb-Pb e $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$). Esta avaliação ilustra o potencial das interpretações geocronológicas para o entendimento evolutivo da crosta no Arqueano e Proterozóico Inferior, com a caracterização das atividades anorogênicas do Proterozóico Médio e Superior. Nesse sentido foram caracterizadas duas províncias Arqueanas, com base nas datações em rochas de infra-estrutura, com uma evolução crustal ocorrida entre 3.4 e 2.6 Ga; três províncias do Proterozóico Inferior, correspondendo tectonicamente ao desenvolvimento dos Cinturões Móveis Itabuna, Correntina-Guanambi e Mineiro. Tais províncias foram individualizadas tanto na porção setentrional como meridional do Cráton São Francisco (Neves et al., 1980; Cordani & Neves, 1982; Mascarenhas et al., 1986; Teixeira et al., 1987; Mascarenhas & Garcia, 1989; Teixeira & Figueiredo, 1991). Esta compartimentação inclui ainda, o Sistema Espinhaço, que é uma província do Proterozóico Médio, representado por uma zona de grábens e bacias intracratônicas. Além dessas províncias, extensas sequências do Proterozóico Superior cobrem o cráton.

Finalmente, com base no contexto mencionado, a área estudada situa-se na porção nordeste do cráton, inserida mais precisamente na Província Arqueana da parte setentrional (Teixeira, 1993) (Fig. 2.1).

O Bloco Uauá (Fig. 2.2) está coberto, a leste e a norte, por metassedimentos da Faixa Sergipana (Grupo Canudos) e a oeste é limitado por uma zona de cisalhamento que o separa da Faixa Caldeirão (Jordan, 1972). A sul, este bloco estende-se como uma faixa gradativa, mais estreita, até desaparecer sob cobertura dos sedimentos Fanerozóicos da bacia Tucano-Jatobá. É constituído por:

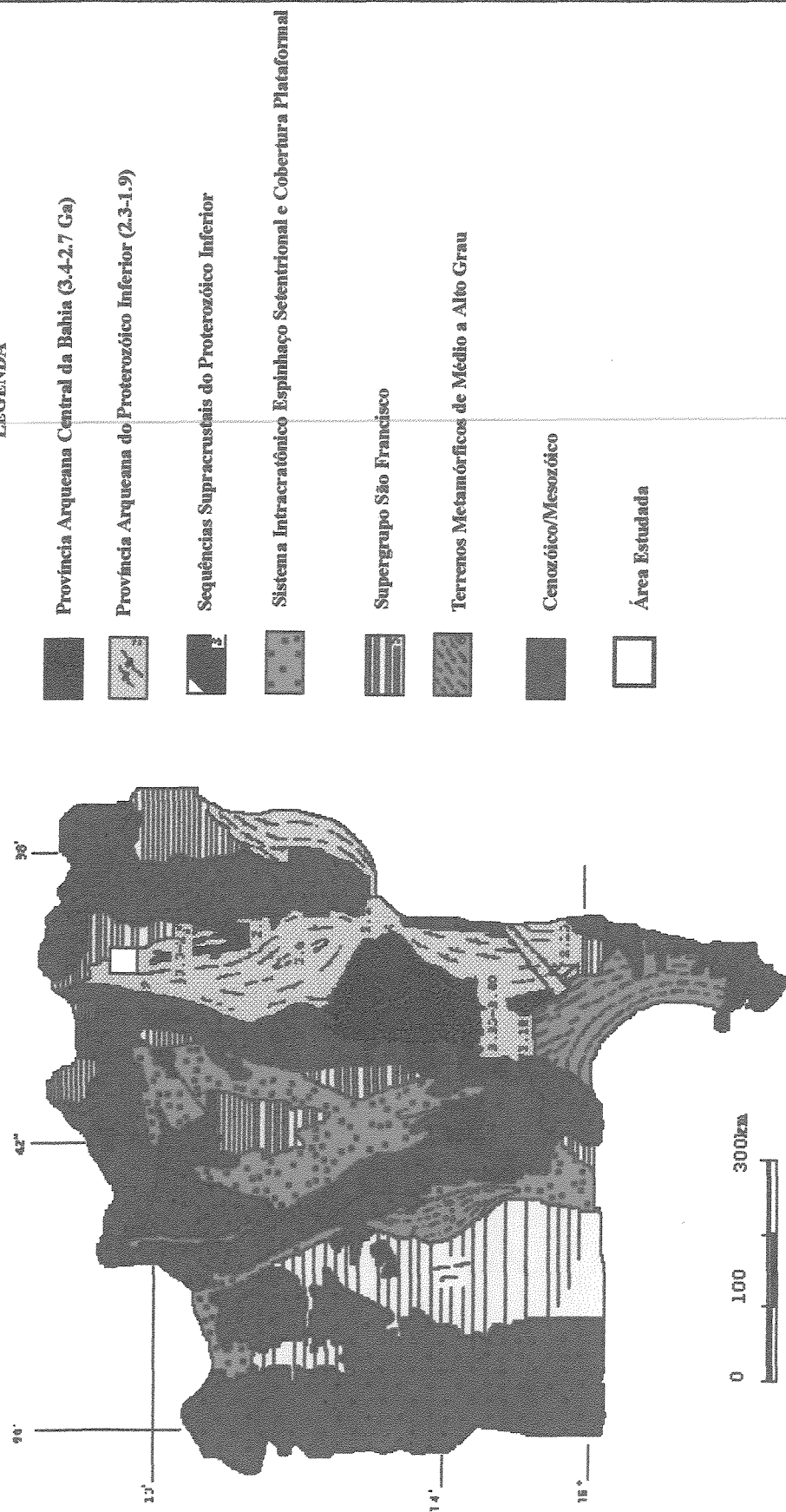
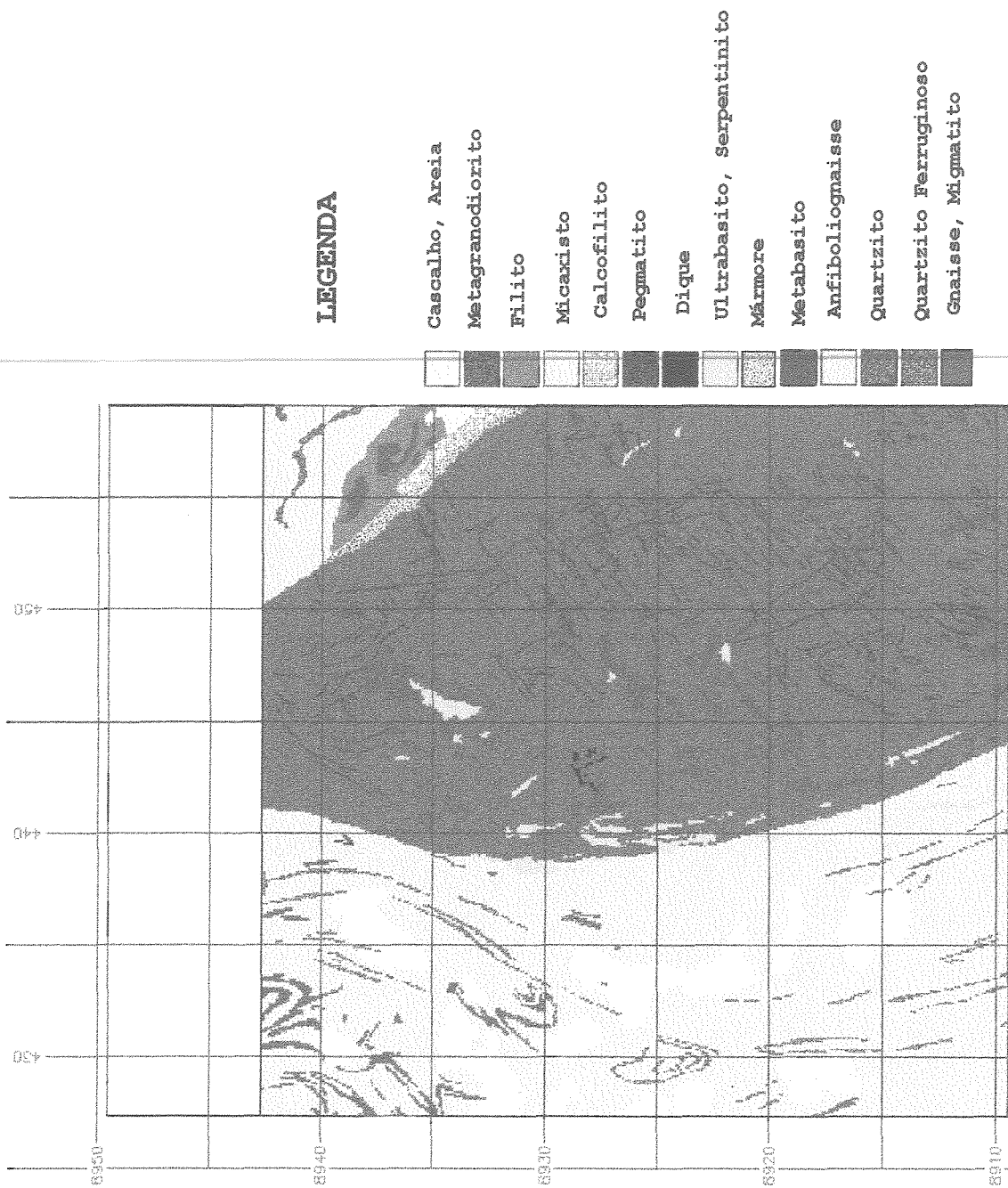


Fig.2.1- Geologia Simplificada do Cráton São Francisco
 (Teixeira, 1993)

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DE UAUÁ



- um embasamento granítico-gnaíssico e migmatítico de idade Arqueana (Mascarenhas & Garcia, 1989; Leal, 1992), denominado Série Caraíba por Andritzky ultramáficos (Barbosa, 1966; Andritzky, 1968, 1969; Gava et al., 1983; Winge, 1984a; Sá et al., 1984; Oliveira, 1989; D'Agrella & Pacca, 1991).

- Sequência supracrustal denominada de Complexo Capim (Mascarenhas, 1979b) ou Grupo Capim (Winge & Danni, 1980; Winge, 1984a), representada principalmente por metabasaltos, meta-andesitos e metassedimentos clásticos e químicos. Essa sequência tem sido considerada de idade Arqueana Rb-Sr - 3.08 Ga (Sá et al., 1984; Winge, 1984b; Fonseca, 1986).

- Enxame de diques máficos, com direção preferencial segundo NE-SW e subordinadamente N-S e NW-SE. Alguns aspectos geológicos, petrográficos, geoquímicos, paleomagnéticos e geocronológicos desse magmatismo básico fissural podem ser vistos nos trabalhos de Winge (1984a), Sá et al., 1984; Oliveira & Montes (1984) ; D'Agrella Filho & Pacca (1991) e Menezes & Leal (1991).

Em concordância com os trabalhos pioneiros de Andritzky (1968, 1969), Sá et al. 1984 e Sial et al. 1987 reconheceram duas gerações de diques tholeíticos, as quais foram subdivididas por Menezes & Leal (1991) em cinco grupos distintos em função dos aspectos de campo, grau metamórfico, composição mineralógica e texturas associadas. No entanto, Oliveira (1993) reconheceu ser bastante significativa a participação de diques de composição norítica, representando possivelmente o último evento magmático da região. Esses diques formam um enxame bimodal de composição norítica e tholeiítica.

(1971) ou Complexo Metamórfico de Uauá por Leal (1992), com gnaisses bandados, augen-gnaisses, migmatitos, anfíbolitos, rochas granulíticas e complexos máficos e

Datações Rb-Sr, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ e K-Ar indicaram para o Complexo Metamórfico Uauá idade 3.12-3.02 Ga (Mascarenhas & Sá, 1982; Mascarenhas & Garcia, 1989; Leal, 1992), com rejuvenescimento isotópico (K-Ar) entre 2.18 e 1.82 Ga (Mascarenhas & Garcia, 1989; Leal, 1992). Para a seqüência vulcano-sedimentar do Rio Capim, Sá et al., 1984 admitem uma idade mínima de 3.12 Ga, já que um tonalito, com xenólito de anfibolitos e metavulcânicas félsicas do Grupo Capim, forneceu idade isocrônica Rb-Sr com este valor (Mascarenhas & Sá, 1982). Na Faixa Caldeirão não há datações disponíveis, mas a correlação com o terreno Granito-*Greenstone-Belt* do rio Itapicuru permite inferir uma idade mínima Proterozóica Inferior (2.2-2.0 Ga) (Neves et al., 1980; Gaál et al., 1987; Silva, 1992). Os diques tholeiíticos revelaram uma idade Rb-Sr 1.98 a 2.02 Ga, e mais raramente 2.38 Ga (Leal, 1992).

2.2- Trabalhos Anteriores da Região de Uauá -Bahia.

Os trabalhos relativos a região em epígrafe, em sua maioria são de cunho regional, fornecendo dados petrográficos, estratigráficos e estruturais.

A seguir será sumarizada a evolução dos conhecimentos geológicos da região até o presente momento.

A região em questão foi inicialmente mapeada por Barbosa (1970) como Grupo Uauá, de idade Arqueana com os seguintes litótipos: paragneisses com biotita, muscovita, gnaisses, quartzitos, calcários, metagrauvacas e anfibolitos intercalados. Considerou este grupo ainda, como uma unidade mais jovem que o Grupo Caraíba, a oeste.

Andritzky (1971), identificou e individualizou uma seqüência vulcano-sedimentar

(Série Capim). Considerou essa seqüência como um conjunto sedimentar com intercalações de efusivas básicas, metamorfisado até a fácies xisto verde e ladeado a leste e oeste pelos gnaisses e migmatitos da Série Caraíba, mais antiga e também incluindo metabasitos.

No Mapa Geológico (Escala 1:100.000) realizado pela **Missão Geológica Alemã no Brasil (1973)** em convênio com a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Folha Uauá-Bendegó) destaca-se os aspectos petrográficos e estratigráficos da região. Estratigraficamente, a Série Capim foi posicionada no Proterozóico Superior, sendo constituída por quartzitos, gnaisses hornblêndicos, anfibolitos, metabasitos, metatufitos e diques de gabro. Tais litótipos estariam acima do embasamento migmatítico/granítico representado pelo Grupo Caraíba, de idade Proterozóico Inferior.

Inda & Barbosa (1978), dividiram o Grupo Uauá de **Barbosa (1970)**, em duas unidades: Unidade Inferior, que é constituída por uma parte basal rica em rochas magmáticas, ultrabásicas, rochas cálcio-silicáticas e mármore e, a Unidade Superior, composta por uma seqüência química e vulcano-química, principalmente cherts, jaspelitos, formações ferríferas associados a níveis de orto e para anfibolitos. Estas unidades foram posicionadas no Proterozóico Inferior.

Winge (1981), ao estudar a seqüência vulcano-sedimentar do Grupo Capim, baseou-se no esquema de **Winge & Danni (1980)**, e propôs dois andares para o Grupo Capim: o inferior que está relacionado com uma fase de vulcanismo basáltico e o superior, com uma fase de vulcanismo predominantemente ácido e explosivo, que foi responsável pela formação de depósitos vulcanoclásticos e dos derrames ignimbríticos existentes. Reconheceu ainda, uma faixa granulítica a leste e identificou dois importantes corpos máficos-ultramáficos com diques basálticos concentrando-se ao seu redor, sendo que alguns diques cortam nitidamente esses corpos e outros parecem projetar-se deles.

Carvalho Filho et al. 1983, ao realizarem trabalhos na região do Complexo Uauá-

Serrinha em cujo contexto geológico está contido o Distrito Cromitífero de Andorinhas ou Jacurici, identificaram nas unidades definidas como Complexo do Pocim e Complexo Lagoa da Vaca, um grupamento de áreas consideradas promissoras como metalotopos de cromo. O conjunto foi subdividido em Bloco Pocim e Bloco Lagoa da Vaca.

O Bloco Pocim compreende uma área de 120km² e compõe-se de complexas associações de rochas compreendendo três conjuntos litológicos de caráter anatético e de alto grau de metamorfismo representado por migmatitos parcialmente granulitizados; uma seqüência de gnaisses granoblásticos ricos em quartzo e microclina, sobrepostos imediatamente à unidade anterior, e um conjunto de rochas de conotação químico-sedimentar em cuja base ocorre um complexo magmático diferenciado, que no contexto global é denominado Complexo Pocim. Rochas plutônicas granulares de conotação intrusiva ou não, compõem o restante do quadro geológico local.

O Bloco Lagoa da Vaca abrange uma superfície de 90km² e pode ser desmembrado em duas unidades:

- uma unidade superior, de origem químico-sedimentar, com ou sem contribuição magmática, intercalações de anfibolitos, rochas básicas e metacherts no topo.

- uma unidade inferior magmática que é constituída por serpentinitos e peridotitos na base, passando a piroxenitos, hornblenditos, ortoanfibolitos e anortositos no topo.

Sá et al., 1984, caracterizaram o Grupo Capim como um resto de uma seqüência vulcano-sedimentar metamorfsada desde a fácies prehnita-pumpeleita até a fácies granulito, complexamente estruturado, associado a cinco fases de deformação.

Segundo os autores, o enxame de diques máficos que ocorre na região é constituído de gabros e diabásios. A mineralogia primária dessas rochas inclui plagioclásio, augita e hornblenda basáltica, sendo que hiperstênio pode ser encontrado em alguns diques. Tais rochas são mais jovens que o Grupo Capim.

Para Seixas (1985), a região apresenta uma evolução geológica eminentemente

Pré-Cambriana, sendo reconhecidas extensas áreas de rochas Arqueanas, que se associam a um notável evento granitogênico. Ocorrem ainda, Sequências Supracrustais Vulcano-Sedimentares do Proterozóico Inferior-Proterozóico Médio e Sedimentares do Proterozóico Superior. Eventos deposicionais Fanerozóicos estão representados por sedimentos Cretácicos da Bacia Tucano e pelas aluviões do Quaternário.

As rochas Arqueanas na região são constituídas por gnaisses, migmatitos e granitóides do Cráton de Serrinha (**Santos & Dalton de Souza, 1983**).

Relacionado ao Proterozóico Inferior ocorreram diversos corpos granitóides intrusivos (por ex: Sienito Itiúba), bem como eventos distensionais, que foram responsáveis pela geração dos diques de diabásio e/ou gabro (região do vale do Curaçá), e pequenos diques básicos constituindo o enxame que corta o embasamento do Cráton de Serrinha.

O Sistema de Dobramento Sergipano foi a entidade geotectônica policíclica desenvolvida no intervalo do Proterozóico Inferior-Proterozóico Superior (**Sá et al., 1981 e Silva Filho, 1982**). Este sistema apresenta um zoneamento geotectônico, sendo individualizado três domínios na região de Uauá:

- O domínio eugeossinclinal, que configura o cinturão metamórfico vulcano-sedimentar de evolução polifásica, formado no Proterozóico Inferior-Médio.
- O domínio pericratônico, constituído pela cobertura sedimentar dobrada, sendo cronocorrelata do cinturão metamórfico sedimentar do domínio miogeossinclinal e apresentando em relação a este, atenuação de intensidade da deformação e do metamorfismo. A este período também se relacionam os corpos intrusivos de gabros, bem como a cobertura sedimentar dobrada representativa da Bacia Una/Bambui conhecida como sub-bacia do Salitre.

Finalmente, o arcabouço tectono-geológico é complementado por coberturas detriticas e inconsolidadas de areia e cascalho do Terciário-Quaternário e por calcários

continentais, aluviões e depósitos de talus do Quaternário.

Oliveira (1990a), apresenta resultados geoquímicos preliminares e observações de campo para dois corpos noríticos da região de Uauá, objetivando a sua avaliação metalogenética. Segundo o autor, as rochas exibem padrões normalizados ao manto primitivo e aos condritos, muito semelhantes a margens resfriadas ou a magmas parentais dos Complexo de Bushveld e Insizwa (África do Sul) que hospedam jazimentos de elementos do grupo da platina. O autor sugere que a presença de sulfetos, aliados à semelhança composicional com micropiroxenitos e microgabros, tornam os diques noríticos de interesse para a pesquisa de sulfetos de metais básicos e do grupo da platina (**Oliveira , 1990a; Oliveira , 1992a**).

Leal (1992), avalia e propõe alternativas de investigação geocronológicas nas rochas básicas Pré-Cambrianas, particularmente em enxames de diques máficos. Como aplicação foram efetuadas análises isotópicas nos diques máficos de Uauá e vale do rio Curaça. As rochas que ocorrem em torno da cidade de Uauá foram denominadas de Complexo Metamórfico de Uauá. Esse complexo é constituído por gnaisses bandados de composição quartzo-feldspáticas, ortognaisses intermediário a félsicos, migmatitos, anfíbolitos, rochas ultramáficas e sequências supracrustais (**Andritzky, 1968, 1969; Gava et al., 1983; Winge, 1984a; Sá et al., 1984**).

Para **Leal (1992)**, as rochas gnaissicas da região de Uauá possuem composição tonalítica a granodiorítica e apresentam idade (Rb-Sr) de formação entre 3.1-3.0 Ga, tendo sido deformadas e metamorfasadas há 2.7 Ga atrás e durante o Ciclo Transamazônico (2.2-1.8 Ga).

Com relação ao enxame de diques máficos de Uauá, este apresenta forma lenticular, sigmoidal e são intrusivos nas rochas do Complexo Metamórfico de Uauá. Têm seus limites leste e oeste definidos por zonas de cisalhamentos regionais de direções N-S e NNW-SSE. Nesse enxame, foram individualizadas duas gerações de diques. Os diques

da primeira geração apresentaram uma idade de 2384 ± 114 Ma (Rb-Sr), sendo interpretados como correspondente à colocação desses corpos. Já os diques da segunda geração produziram um alinhamento isocrônico Rb-Sr com idade de 1983 ± 31 Ma, sendo interpretados como a época de colocação destes corpos básicos na crosta vinculando-se a evolução do Ciclo Transamazônico.

Menezes (1992) e Menezes & Girardi (1993) caracterizaram com base na petrologia e geoquímica, o enxame de diques máficos de Uauá-Bahia como sendo representado por duas gerações, as quais foram diferenciadas em função dos aspectos de campo e petrográficos.

Os diques da primeira geração subdividem-se em dois conjuntos: DMB (diques metabásicos) e DA1 (diques anfibolíticos). Já os diques da segunda geração são subdivididos em três conjuntos: DMB1 (diques metabásicos 1), DMB2 (diques metabásicos 2) e D2 (diques anfibolíticos 2).

Petrograficamente, os DMB e DMB1 correspondem aqueles litótipos com mineralogia e textura primária, mostrando incipiente recrystalização. Já os DMB2 correlacionam aqueles tipos litológicos com preservação da textura original, mas com modificação parcial da mineralogia e, os DA1 e DA2 correspondem aquelas rochas mais metamorfisadas e deformadas, cuja mineralogia e textura primária foram parcialmente a totalmente obliteradas.

De uma maneira geral, os diferentes conjuntos de diques não mostram grandes variações químicas, apresentando desde uma leve recrystalização (DMB e DMB1), onde os aspectos mineralógicos e/ou texturais estão preservados até a fácies anfibolito (DA1 e DA2), com completa recrystalização da rocha. Esse enxame é predominantemente básico, equivalendo quimicamente a basaltos tholeiíticos e subordinadamente por basaltos transicionais.

Oliveira (1992a,b), caracterizou o complexo estratiforme conhecido por "Lagoa

da Vaca" (Carvalho Filho et al., 1983) como uma expressiva intrusão peridotítica anortosítica. Este complexo é composto por uma unidade peridotítica serpentinizada, possivelmente basal, por uma unidade intermediária piroxenítica a hornblendítica e por outra unidade anortosítica bandada, possivelmente de topo. Esse autor identificou ainda, intrusões filonares ou com formas irregulares, de composição predominantemente norítica no Bloco Uauá. Essas rochas são intrusivas em gnaisses do embasamento e são mais novas que uma geração de diques tholeiíticos do enxame de Uauá, e mais antigas que uma segunda geração de diques desse mesmo enxame, conforme dados de Leal (1992).

Oliveira (1993) sugere que os diques noríticos e tholeiíticos possam ser contemporâneos e assim representando um enxame bimodal.

2.3- Algumas Considerações Sobre a Revisão da Literatura

Com base em alguns dados obtidos da região de Uauá, pode-se fazer algumas considerações sobre os trabalhos anteriores.

As rochas hospedeiras do enxame de diques receberam diversas denominações tais como: Grupo Uauá (Barbosa, 1970; Inda & Barbosa, 1978), Grupo Caraíba (Andritzky, 1971) e Complexo Metamórfico de Uauá (Leal, 1992).

A denominação Grupo Uauá é usada quando existe necessariamente a associação de duas ou mais formações relacionadas por características comuns ou por referenciais litoestratigráficos que o delimitem (Petri et al., 1986), de modo que esta denominação deve ser abolida.

O termo Série adotado pela Missão Geológica Alemã (1973) é impróprio, já que

não reflete a idéia "Série", de acordo com as normas atuais do Código Brasileiro Estratigráfico proposto por **Petri et al. (1986)**, que é amplamente adotado na literatura brasileira.

Leal (1992), utilizou o termo Complexo Metamórfico de Uauá, visando simplificar a caracterização das principais unidades geológicas da região. Tal denominação atende a sugestão do Código Estratigráfico Brasileiro (**Petri et al., 1986**), que define um complexo como sendo "uma unidade litoestratigráfica composta pela associação de rochas de diversos tipos de duas ou mais classes (sedimentar, ígneas ou metamórficas) não mapeáveis individualmente".

Dessa forma, o presente trabalho segue as preposições de **Leal (1992)**, que denominou as rochas da região de Uauá de Complexo Metamórfico de Uauá, visto estarem envolvidas rochas de diversas origens e, provavelmente, de vários ciclos tectogenéticos.

Com respeito ao enxame de diques máficos de Uauá, os trabalhos anteriores permitiram tecer alguns comentários apresentados a seguir.

O magmatismo básico fissural foi descrito por **Andritzky (1968, 1969)**, **Sá et al., 1984**, **Leal & Menezes (1990)**, **Menezes & Leal (1990)**, que sugeriram duas gerações para esse enxame. Em concordância com esses trabalhos, **Menezes (1992)**, subdividiu essas duas gerações em cinco conjuntos distintos em função dos aspectos de campo e características petrográficas, reconhecendo os diques anfibolíticos¹ (DA1) e diques metabásicos (DMB), como pertencentes a primeira geração. Na segunda geração foram incluídos os diques metabásicos¹ (DMB1), que são representados por aqueles filões menos afetados pela atuação do metamorfismo regional, preservando as feições primárias originais, com uma recristalização incipiente. Aqueles diques que apresentaram modificação parcial da composição mineralógica e preservação da textura original, foram enquadrados no grupo do diques metabásicos (DMB2). Já aqueles que

apresentaram recristalização quase que completa, com o desenvolvimento de uma fraca foliação, foram classificados como diques anfibolíticos² (DA2).

Menezes & Girard (1992), tendo como base o trabalho de **Menezes (1992)**, detalharam a segunda geração de diques com base na variação textural. Para esses autores, esses corpos filonares são levemente recristalizados (DMB1), para a fácies anfibolito (DA2). Já os diques DMB2 representam o estágio intermediário entre DMB1 e DA2.

3- Mineralizações Associadas a Corpos Máficos-Ultramáficos

3.1- Introdução

Corpos máficos-ultramáficos são importantes reservatórios de depósitos minerais. O estudo da natureza, composição e distribuição desses corpos em regiões continentais tem auxiliado bastante na reconstituição de ambientes tectônicos, assim como no entendimento de processos magmáticos.

Os principais depósitos de cromo, amianto, cobalto, Elementos do Grupo da Platina, sulfetos de níquel, e em menor proporção cobre, são encontrados em tais corpos, como no Complexo de Bushveld (**Von Gruenewaldt et al., 1985**), Stillwater (**Todd et al., 1982**), Insizwa (**Cawthorn, 1980**), Noril'sk (**Naldrett, 1989**), Sudbury (**Naldrett, 1989**) e no Grande Dique de Zimbabwe (**Wilson, 1982**). No Brasil, esses corpos são reconhecidos praticamente em todo o território, sendo observados grandes concentrações no Cráton São Francisco, principalmente no Estado da Bahia, que foram agrupados em complexos máficos-ultramáficos e enxames de diques máficos (**Oliveira & Knauer, 1993**). Além desses, devem ser considerados pela sua importância

econômica, os Complexos Básicos-Ultrabásicos de Niquelândia, Barro Alto, Canabrava e o Complexo Americano do Brasil, em Goiás. Todos eles encerram uma considerável riqueza mineral representada pela existência de concentrações econômicas de minerais de cromo, cobre, vanádio, titânio, ferro, amianto-crisotila, níquel e cobalto (Misi et al., 1993).

A seguir são apresentados os principais tipos de depósitos e mineralizações associadas a corpos máficos-ultramáficos, assim como os tipos de rochas máficas-ultramáficas e suas ocorrências minerais existentes na Região de Uauá.

3.2- Metalogenia de Corpos Máficos-Ultramáficos

A classificação adotada para os principais tipos de plutões máficos-ultramáficos com mineralizações econômicas foi a proposta por Naldrett (1989), baseada em ambientes tectônicos. Para o autor, as jazidas são classificadas nos seguintes tipos:

- Jazida de cromo e platina, com níquel associado, formada junto aos corpos bandados gigantes.
- Jazidas de cromo com platinóides associados, formadas junto aos corpos tipo Alpino.
- Jazidas de níquel e cobre em complexos básicos-ultrabásicos intrusivos
- Jazidas de ferro e titânio em corpos anortosíticos.

As jazidas de cromo e platina com níquel associado são típicas de ambiente intraplacas continentais. Como exemplo podemos citar o Complexo de Bushveld-Africa do Sul, o Grande Dique de Zimbábue e o Complexo de Stillwater, EUA. Todos se notabilizam por conter concentrações econômicas de cromita. Dentro dessas intrusões

acamadadas, a cromita está presente como finas camadas de cromititos, sendo parte integral dessa sequência. Já os minerais de platina são ligas de ferroplatina, bragita níquelífera, coperita, laurita, estibiopaladinita, ouro, pentandlita, calcopirita, pirrotita e cromita (Biondi, 1986).

Jazidas de cromo com platinóides associados estão localizadas em zonas orogênicas, nas margens continentais ativas e em arcos insulares, sendo concentrações típicas de ambientes transicionais. Geralmente estão associadas a maciços ofiolíticos, mostrando-se encaixadas em corpos duníticos de pequenas dimensões e formas irregulares. Essas concentrações caracterizam-se pela inconstância de suas propriedades geológicas e mineralógicas, mostrando as mais variadas geometrias e dimensões. Os depósitos de Acoje e Coto nas Filipinas exemplificam esse tipo de jazida (Leblanc & Violett, 1983).

Jazidas de níquel e cobre em complexos básicos-ultrabásicos intrusivos são características de feições continentais, não sendo conhecidas em ambientes oceânicos ou transicionais. Ocorrendo ainda, em intrusões associadas a grandes derrames basálticos, localizados em zonas de falha, nas margens continentais inativas ou em zonas de grande rebaixamento intracontinentais, do tipo *"rift"* ou aulacógeno. Esta mineralização é encontrada em duas diferentes associações no Arqueano. A primeira é caracterizada pelos depósitos ricos em cobre, hospedeiros das intrusões acamadadas. A segunda está entre os sulfetos de níquel em komatiitos (Roberts et al. 1990). Como exemplo podemos citar os depósitos de Sudbury-Canadá e Noril'sk na Sibéria.

As jazidas de ferro e titânio em corpos anortosíticos são características de interior de placas continentais. Estruturalmente, são classificadas em três tipos: Bushveld, Adirondack e Sakeny (Biondi, 1986). O tipo Bushveld, recebe essa designação por ser estratiforme e bandado. O tipo Adirondack abrange grande extensões areais, não estando associado a quantidades de rochas básicas ou

ultrabásicas. O tipo Sakeny ocorre em terrenos metamórficos geralmente de constituição gnaissica.

Litologicamente, os complexos anortosíticos enquadram-se em uma gama de composições que vai desde os anortositos formados essencialmente por plagioclásio andesítico até os noritos, passando por rochas graníticas e sieníticas. Como exemplo desse tipo depósito pode ser citado o Allard Lake no Canadá.

Nos depósitos de Elementos do Grupo da Platina (EGP) há uma variedade de elementos, que podem ocorrer no estado nativo, embora individualmente jamais sejam encontrados puros. Esses minerais podem ser divididos em dois grupos: um que é caracterizado por ligas entre si e compostos intermetálicos com Fe, Ni, Cu, Co, Sn e Au; e outro que inclui os compostos com S, As, Sb, Te, Bi (**Biondi, 1986**).

Os depósitos de EGP foram também classificados com base na petrologia, geoquímica das rochas hospedeiras e ambiente tectônico, conforme proposta de **Naldrett (1989)**.

Quanto ao ambiente tectônico, consideram-se quatro categorias: I- Ambiente Sinvulcânico, II- Ambiente associado a margens continentais passivas e complexos ofiolíticos, III- Intrusões em áreas cratônicas e IV- intrusões em cinturões orogênicos.

Estão inclusos no ambiente sinvulcânico os komatiitos e tholeiitos. Os depósitos associados a komatiitos são divididos em dois grupos: um que ocorre na base dos derrames e outro constituído por minério sulfetado disseminado em lentes duníticas intrusivas. Exemplos podem ser vistos nos depósitos do distrito de Kambalda-Austrália (**Gresham & Loftus-Hills, 1981**) e Mt. Keith (**Naldrett & Turner, 1977**) respectivamente.

Nos ambientes associados a margens continentais passivas e complexos ofiolíticos os depósitos fazem parte de um evento de rifteamento que evolui para margem continental. Há a existência de uma infinidade de corpos intrusivos em

sequências sedimentares ocorrendo nas bordas de blocos cratônicos Arqueanos. Isso é bem representado pelo depósito Cape Smith Belt. Já os depósitos associados a complexos ofiolíticos são interpretados como porções da crosta oceânica e do manto superior formados em cadeias meso-oceânicas ou em pequenas bacias oceânicas associadas aos sistemas de arcos insulares ou adjacente a esses (Nicolas, 1989). O exemplo característico é o complexo ofiolítico de Troodos-Chipre, onde a mineralização consiste de asbesto e cromita na assembléia ultramáfica, depósitos de sulfetos maciços de Cu-Fe nas lavas almofadadas e ocorrências de sulfetos e arsenietos de Cu-Ni-Co nas ultramáficas e gabros (Panayiotou, 1980).

As intrusões em Áreas Cratônicas correspondem a corpos básicos podendo ser muito extensos, como por exemplo o Complexo Duluth-USA ou pequenas, como da área de Noril'sk-Talnakh na Sibéria (Naldrett, 1989).

Os grandes complexos estratiformes podem ser divididos em dois tipos: tabular e dique. O primeiro tipo engloba os Complexos de Bushveld, Stillwater e Sudbury. Nessa categoria os elementos do grupo da platina estão associados com intervalos ricos em sulfetos, localizados em cima da porção ultramáfica, frequentemente na interface entre as ultramáficas e as rochas mais fracionadas (Roberts et al., 1990). O segundo tipo é representado pelo grande dique de Zimbábue.

As intrusões em cinturões orogênicos são comuns nos Cinturões Orogênicos Apalachiano-Caledoniano, sendo colocadas durante a fase ativa, compressiva da orogênese. São hospedeiras de mineralizações de Ni-Cu-EGP. Um exemplo típico é a intrusão máfica Rana na Noruega (Boyd & Mathiesen, 1979).

3.3- Rochas Máficas-Ultramáficas e as Ocorrências Minerais associadas da Região de Uauá

Na região de Uauá - Nordeste do Estado da Bahia, afloram vários corpos de rochas máficas e ultramáficas, representados por um enxame bimodal de diques máficos (tholeiíticos e noritos), complexos estratiformes anortosito-peridotito e complexos dioríticos- serpentiníticos.

O enxame de dique máficos localiza-se no Bloco Arqueano de Uauá e é intrusivo em rochas do embasamento. Esse enxame foi alvo de estudos por vários autores: Winge, 1981; Sial et al., 1987; Oliveira, 1989; D'Agrella Filho & Pacca, 1991; Bellieni et al., 1991; Menezes & Leal, 1991; Menezes, 1992 e Leal, 1992., que descreveram esse enxame como sendo representado por diabásios ou seus equivalentes metamorfisados. Para Sial et al., 1987, são bastante significativas a participação de diques de norito contemporâneo aos diabásios. Já para Oliveira (1993), esse enxame é um tipo bimodal de composição norítica e tholeiítica. Em composição, os diques tholeiíticos variam de basaltos a gabros; os diques noritos variam de microtroctolitos a noritos e piroxenitos e são portadores de calcopirita, pirrotita e flogopita, este último estando ausente nos diques tholeiíticos. Esses diques exibem padrões normalizados ao manto primitivo e aos condritos muito semelhantes a margens resfriadas ou magmas parentais dos Complexos de Bushveld e Insizwa - África do Sul (Oliveira, 1990a). Portanto, os diques noríticos são potenciais para sulfetos de metais base e possivelmente também de metais do grupo da platina.

O Complexo Anortosítico-Peridotítico Lagoa da Vaca está situado na zona de transição do Bloco de Uauá para a Faixa Caldeirão. Esse complexo assemelha-se muito

a sequência litológica descrita em complexos estratiformes como Stillwater e Bushveld (Oliveira, 1992b). É composto por uma unidade acamadada anortosítica e por outra peridotítica, possivelmente basal, com metassedimentos e anfibolitos associados. Este complexo já foi pesquisado para cromita por Carvalho Filho et al. (1983).

Os corpos dioríticos a serpentínicos são os que têm maior distribuição no Bloco de Uauá. Apresentam formas irregulares, com algumas centenas de metros de largura de exposição e poucos quilômetros de comprimento. Até o presente trabalho, nada se conhece sobre o potencial metalogenético desses corpos.

Embora poucas ocorrências minerais tenham sido identificadas, o ambiente geotectônico e a presença das suítes de rochas máficas-ultramáficas são estimulantes para o desenvolvimento de prospecção mineral na região.

4- Procedimentos Metodológicos

4.1- Aquisição dos Dados

Os dados disponíveis na área são fruto de diversos trabalhos desenvolvidos por órgãos governamentais tais como DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral), CPRM (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais) e agências internacionais em convênio com a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste).

A área coberta por esses projetos é delimitada pelos paralelos 9°00' e 12°00' sul, e pelos meridianos 39°00' e 42°00' oeste, e a área estudada está inserida nessa região (Fig.4.1).

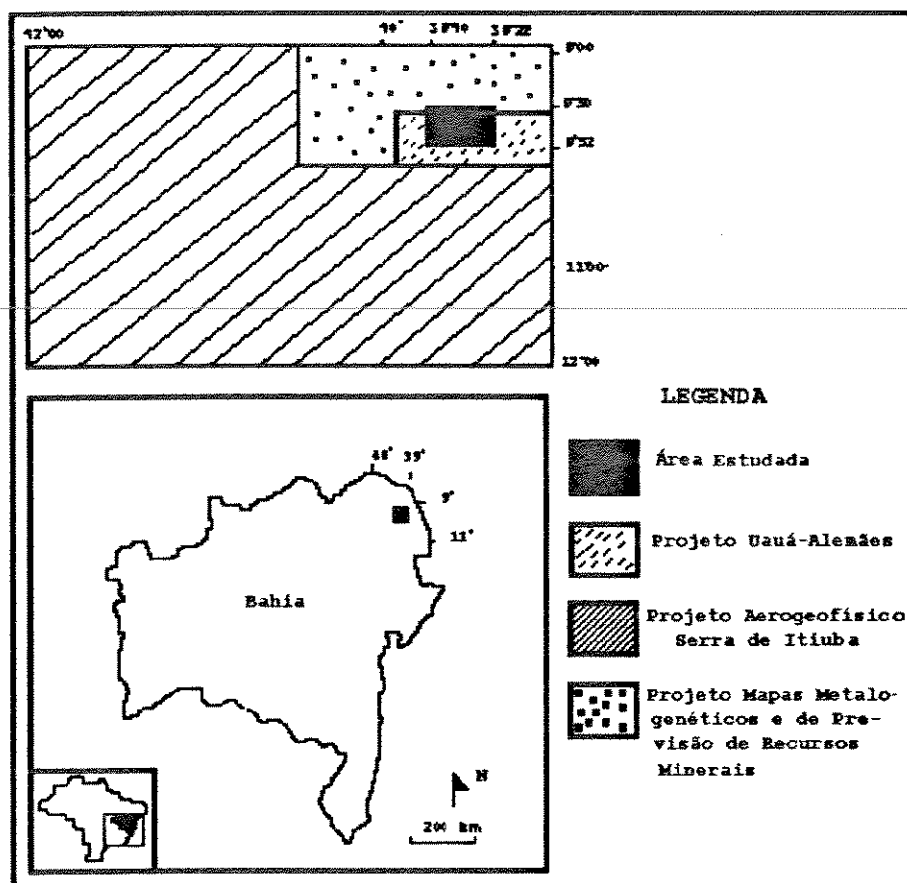


Fig.4.1- Dados Disponíveis na Área Estudada

O Projeto da Missão Geológica Alemã teve como objetivo o mapeamento geológico para identificar as unidades estratigráficas. A área coberta por esse projeto é limitada pelos paralelos 9°40,6' a 10°00', sul e pelos meridianos 39°48,2', oeste. A área estudada faz parte desse projeto.

O Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais executado pela Companhia de Recursos Minerais (CPRM) - Escala 1:250.000 em 1985, cobre prioritariamente as áreas Pré-Cambrianas e teve como meta principal a integração de todos os dados, com o apóio de fotos aéreas, imagens de satélite e radar, reinterpretando-as à luz de novos conceitos e teorias tectônicas e metalogenéticas, visando fornecer parâmetros capazes de indicar áreas com maior potencialidade para novos depósitos minerais. A área coberta por essa pesquisa tem cerca de 18.150 km², equivalente a um retângulo delimitado pelos meridianos 39°00' a 40°30' oeste e pelos paralelos 9°00' a 10°00' sul. A área estudada também está inclusa nesse projeto.

Em 1976, um levantamento aerogeofísico, denominado Projeto Aerogeofísico Serra de Itiúba, cobrindo uma área de 72.000 km² foi realizado pela PROSPEC S.A e CPRM. Os métodos usados nessa pesquisa foram aeromagnético e aeroradiométrico. A área coberta por esse projeto é delimitada pelos paralelos 9°00' e 12°00' sul, e pelos meridianos 39°00' e 42°00' oeste, e a área estudada está inserida nessa região.

4.2- Captura dos Dados

A captura corresponde a etapa em que os dados são transformados para um formato digital compatível com o SIG que será utilizado, no caso o *Geographic*

Resources Analysis Support System (GRASS4.1). É uma etapa importante em processamento geo-referenciado, já que a forma na qual esses dados são digitalizados e armazenados irá influenciar decisivamente na sua precisão e qualidade, definindo então, se esses dados poderão ser ou não integrados.

Nesse trabalho, para a captura dos dados foi utilizada a digitação manual que foi executada em uma mesa digitalizadora, através de programas de **CADD (Computer Aided Drafting and Design)**. Esses programas são muito utilizados para a digitação e manutenção dos atributos contidos em mapas geológicos, como contatos, lineamentos, rede de drenagem, curvas de nível, localização dos pontos levantados em campo, medidas estruturais, estradas, cidades e outras informações gráficas e alfanuméricas (Guimarães Filho, 1994).

No processo de digitalização de mapas, há a geração de erros durante sua codificação. Esses erros são de dois tipos: inerentes e operacionais. Os erros presentes nas fontes originais são classificados como inerentes e os operacionais são aqueles produzidos durante a entrada dos dados e manipulação digital nos programas.

Para acompanhar o erro gerado durante esse processo de captura, o mapa foi orientado na mesa, bem como as entidades que precisam de maior precisão cartográfica foram digitalizados em uma única sessão.

Várias são as técnicas aplicadas no controle do erro operacional envolvido no processo de inserção de polilinhas, como podem ser vistas em Burrough (1986), Walsh et al. (1987), Aronoff (1989), Campbell & Mortenson (1989), Heuvelink et al. (1989), Lunnetta et al. (1991), Lanter & Veregin (1992) e Thapa & Bossler (1992). Nesse trabalho utilizou-se a razão média quadrática para o cálculo do erro - RMS -Root Means Square ($ex = \sqrt{[\sum(x-x)^2/n]}$ $ey = \sqrt{[\sum(y-y)^2/n]}$ $et = \sqrt{ex^2 + ey^2}$ onde X,Y = Coordenadas UTM Reais X·Y=

Coordenadas obtidas no AUTOCAD; n= número de pontos e et=erro total. Baseado nessa razão, a distância entre os segmentos pode ser calculada, e os dados podem ser registrados em coordenadas UTM, que são representados em metros. Esse erro deve ser inferior ao intervalo $0.25 \times \text{escala}$ e nunca a $1.0 \times \text{escala}$. Isso pode ser visto nas tabelas 4.1 e 4.2, que mostram a precisão existente na captura dos dados do mapa Geológico da Região de Uauá - Missão Geológica Alemã - Escala 1:100.000 e base topográfica - Escala 1:100.000.

Terminada a captura, a transferência das informações do AUTOCAD para o **GRASS4.1** foi feita através de arquivos em formato DXF.

4.3- Banco de Dados

A arquitetura do banco de dados usada nesse trabalho é a do **GRASS4.1**, que usa a estrutura de diretórios hierárquicos **UNIX**. O diretório principal ou "raiz" é conhecido como **GISBASE**. Subdiretórios abaixo são conhecidos como **LOCATIONS**. Subdiretórios abaixo do **LOCATIONS** são chamados de **MAPSETS**. Os **MAPSETS** contêm arquivos e subdiretórios que são chamados elementos do banco de dados. A fig.4.2 exibe o fluxograma da arquitetura do banco de dados da área estudada.

Esses elementos são estruturados em dois formatos ou modelos: o modelo vetorial e o modelo *raster* ou matricial.

O modelo vetorial é definido por um sistema de coordenadas que caracteriza os vetores. A unidade fundamental homogênea é o par de coordenadas geográficas. Os modelos podem ser: total, topológico, "spaghetti", *Dual Independent Map Encoding (DIME)*, relacional e *Digital Line Graphs (DLG)*.

RMS (Root Mean Square)

Pontos Capturados (ACAD)		Pontos Reais (Mapa)	
X1	Y1	X2	Y2
472526	8922228	472528	8922218
458845	8936029	458855	8936025
458882	8922210	458870	8922205
459792	8908340	459799	8908385
445142	8936002	445139	8936008
445121	8922154	445160	8922187
445168	8908375	445180	8908366
431497	8908332	431475	8908343
417702	8935938	417708	8935958
417784	8922130	417739	8922137
431410	8935961	431424	8935985
431442	8922194	431449	8922164

Tabela 4.1- Procedimento Estatístico de quantificar o erro no processo de digitalização para o Mapa Geológico da Região de Uauá - Missão Geológica Alemã, que mostrou um erro total ($\epsilon_t=29$).

<i>RMS (Root Mean Square)</i>			
Pontos Capturados (ACAD)		Pontos Reais (Mapa)	
X1	y1	X2	Y2
447989	8932005	448000	8932000
442001	8930017	442000	8930000
427986	8920039	428000	8920000
432010	8934056	432000	8934000
433982	8911993	434000	8912000
438020	8924029	438000	8924000
434017	8944019	434000	8944000
455991	8924041	456000	8924000
453981	8912002	454000	8912000
447989	8926043	448000	8926000
445954	8920030	446000	8920000
448006	8938047	448000	8938000

Tabela 4.2- Procedimento estatístico de quantificar o erro no processo de digitalização para a base cartográfica - Folhas Uauá e Pinhões, apresentando o erro total ($\epsilon_t=10$).

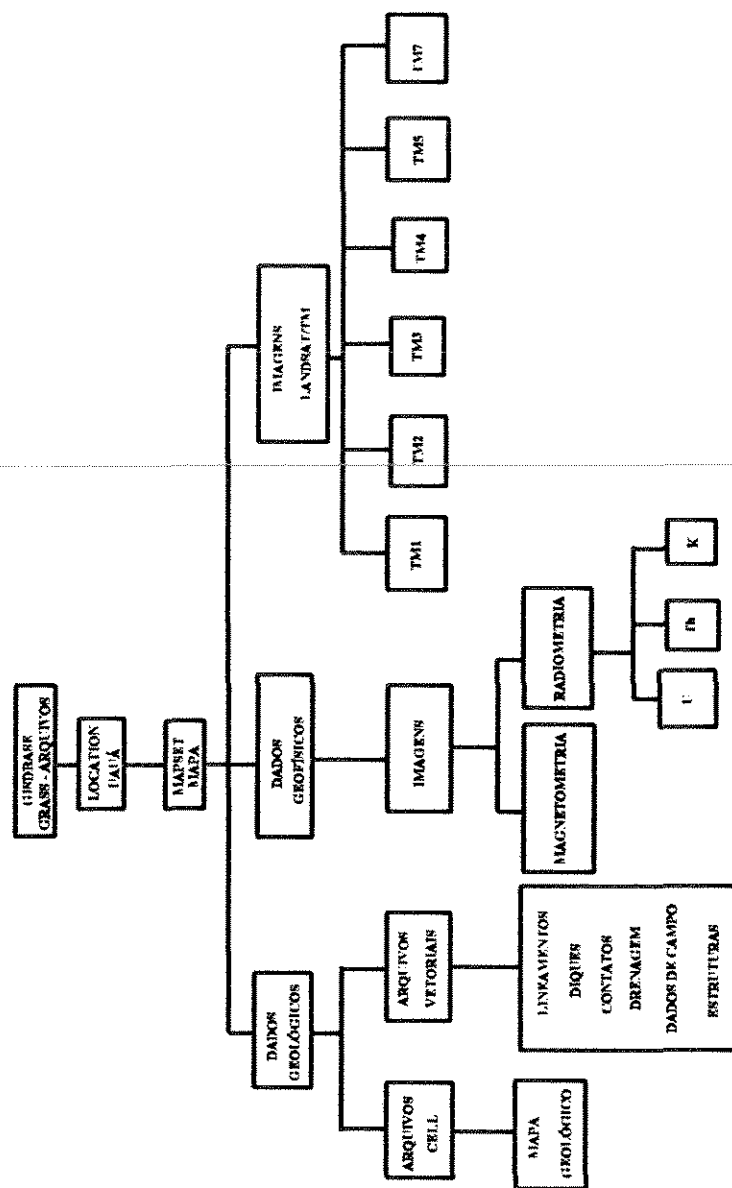


Fig.4.1- Fluxograma apresentando a arquitetura do banco de dados da área estudada

Dentre desses tipos, o modelo topológico foi o utilizado para digitalizar as feições estruturais e o mapa geológico.

No modelo matricial ou "*raster*", os dados são distribuídos em "*grids*" ou matrizes formadas por linhas e colunas, representando a localização de cada célula ou "*pixel*", onde o atributo de cada célula tem um único valor. No entanto, os arquivos *raster* tendem a ser relativamente grandes e portanto devem ser comprimidos. Vários são os modelos de compressão tais como: *run-length encoding*, *value-point encoding*, *chain codes* e *quadtree*. Dentre esses modelos o *run-length encoding* foi o utilizado para a compressão dos dados *raster* da área estudada.

Maiores detalhes sobre os tipos de modelo vetorial e *raster* podem ser visto em Aronoff (1989), Star & Estes (1990) e Silva (1991).

4.4- Corregistro

O corregistro foi usado para fixar coordenadas de campo para o mapa ou ajustar "*layers*" para serem sobrepostos a outros da mesma área, através de modelos matemáticos, que modificam objetos de uma mesma imagem para um outro arranjo espacial específico. Esse procedimento objetiva alterar as relações geométricas, sem mudar substancialmente os dados, envolvendo a manipulação da imagem de forma a rearranjá-la espacialmente segundo um sistema de coordenadas pré-definido (Star & Estes (1990)). Esse processo é denominado corregistro, no qual diferentes dados são registrados para um sistema de coordenadas comuns. Há dois tipos de corregistros: posição relativa, que se refere a localização de feições relativas para outras feições, e posição absoluta, referindo-se a localização de

feições em relação ao sistema de coordenadas UTM (Aronoff, 1989). Nesse trabalho, adotou-se o registro posição absoluta, já que o sistema de coordenadas adotado foi o UTM.

4.5- Integração de Dados

Integração de dados pode ser entendido como um processo de combinar diferentes tipos de dados espacialmente distribuídos, e de prepará-los para armazenamento, recuperação, análise e apresentação (Knapp, 1980).

Os objetivos de um trabalho de integração de dados podem incluir entre outros, desde o propósito de facilitar o entendimento das características e a implementação de "*softwares*" e "*hardwares*", até a geração de produtos úteis para a análise qualitativa e/ou quantitativa, através de procedimentos estatísticos automatizados (Zhou, 1989).

A prática de integração de dados surgiu como decorrência natural do aparecimento das técnicas de sensoriamento remoto e da cartografia assistida por computador. A partir de então, estabeleceram-se os sistemas computacionais de gerenciamento de bases automatizados de dados espacialmente distribuídos. Tais sistemas, conhecidos como Sistemas de Informação Geo-Referenciada, acoplados a sistemas de processamento digital de imagens, permitiram uma flexibilidade no manuseio conjunto das informações.

Um trabalho desse tipo envolve uma rotina com as seguintes etapas:

- geração de um banco de dados, incluindo a transformação dos dados vetoriais para o formato *raster*.
- a correção geométrica das imagens de satélite

- o realce, a integração e a análise dos dados e produtos obtidos.

Em função da disponibilidade de diferentes tipos de dados espacialmente distribuídos e a necessidade de integrar várias informações, considerar vários tipos de combinações, usar diferentes hipóteses para facilitar a definição de áreas, se justificam o uso de técnicas de integração de dados. Esses dados são integrados de acordo com características comuns. As partes mais importantes serão destacadas e organizadas via planos de informação.

5- Tratamento dos Dados Landsat/TM

5.1- Introdução

As imagens multiespectrais de sensoriamento remoto constituem uma fonte adicional de informações geológicas, podendo agilizar e revelar subsídios valiosos para a execução do mapeamento geológico e para a prospecção mineral. Essas imagens reúnem, como características mais favoráveis, a cobertura sinótica que facilita a visualização regional das estruturas geológicas e os dados multiespectrais podem ser processados e interpretados com o objetivo de extrair o significado geológico do dado registrado pelo sensor nas regiões do espectro eletromagnético, do visível e do infravermelho refletido. Se a este potencial somam-se as informações dos dados aerogeofísicos, é possível admitir que melhores resultados podem ser alcançados a partir do manuseio, da análise e da integração de todos esses dados.

Neste trabalho foi utilizado um conjunto de imagens Landsat/TM, órbita 316, de 28/12/92. A cena completa da imagem mostra 3088 linhas por 3451

colunas. A fim de evitar o acesso aos dados repetidas vezes, sem a necessidade de recorrer a imagem original, foi feita a definição e gravação da imagem, que passou a ter 1636 linhas por 1545 colunas, e a área estudada está inserida nessa parte da cena.

Neste capítulo é discutido o processamento das imagens Landsat/TM, utilizando algumas técnicas que facilitaram a identificação e a extração das feições espectrais.

Vale salientar que existem inúmeras técnicas alternativas para a análise digital de imagens que são discutidas com detalhes em vários trabalhos e livros tais como: Sabins (1978), Niblack (1987), Drury (1987), Crósta (1992), portanto qualquer particularidade não será questionada.

O processamento digital das imagens foi realizado em ambiente *UNIX*, em estações de trabalho *SUN*, com os *softwares I2S e ER-MAPPER*, ambos disponíveis no LAPIG (Laboratório de Processamento de Informações Geo-Referenciadas). Esse processamento teve início com uma análise visual e estatística de cada uma das bandas originais, com exceção a banda termal, devido a resolução espacial, passando-se posteriormente ao processamento digital propriamente dito.

5.2- Pré-Processamento

As técnicas de pré-processamento servem para corrigir erros sistemáticos e de calibração radiométrica da imagem, já que no sistema de imageamento orbital multiespectral, é comum os dados originais das imagens mostrarem algumas formas de degradação, devido aos desajustes de calibração dos detetores,

problemas na transmissão, recepção e interferências por efeitos atmosféricos. As principais técnicas são: correção radiométrica, correção geométrica e correção atmosférica. Essas técnicas buscam restaurar a imagem original, sendo concernentes com a correção destas distorções, e dos ruídos induzidos no processo de imageamento, constituindo um dos mais importantes estágios no processamento.

Maiores detalhes sobre correção de imagens podem ser obtidos em **Schowengerdt (1983) e Richards (1986)**.

Nesse trabalho, a correção geométrica foi a única técnica aplicada, já que a imagem é desprovida de corpos d'água profundos e áreas com suficiente relevos para produzir sombras, condições necessárias para a correção atmosférica.

A correção geométrica foi baseada na transformação em pontos de controle no terreno, onde define-se um sistema de coordenadas cartesianas, com a localização dos pontos (x,y) no mapa, e um outro sistema para a localização dos pixels na imagem (m,v) a ser corrigida (Fig.5.1). Nesse processo, utilizam-se polinômios e tomam-se como coeficientes destas funções pares de pontos de controle que são feições bem definidas, geralmente de grande contraste espectral em relação aos seus arredores na imagem e facilmente reconhecíveis, podendo ser precisamente localizadas tanto no mapa quanto na imagem, como por exemplo interseção de estradas e drenagem.

Após a aquisição dos pontos, são fornecidos o grau do polinômio, a localização geográfica, o tamanho e a resolução da grade. O algoritmo executa os cálculos e fornece relatórios, a partir dos quais o usuário pode conferir e modificar os parâmetros para melhorar a precisão do registro.

Definidos os parâmetros do registro, segue-se a fase de reamostragem das grades, na qual o algoritmo calcula o valor do nível de cinza que deverá ter o *pixel* sobre a nova grade da imagem de saída. A reamostragem pode ser feita por

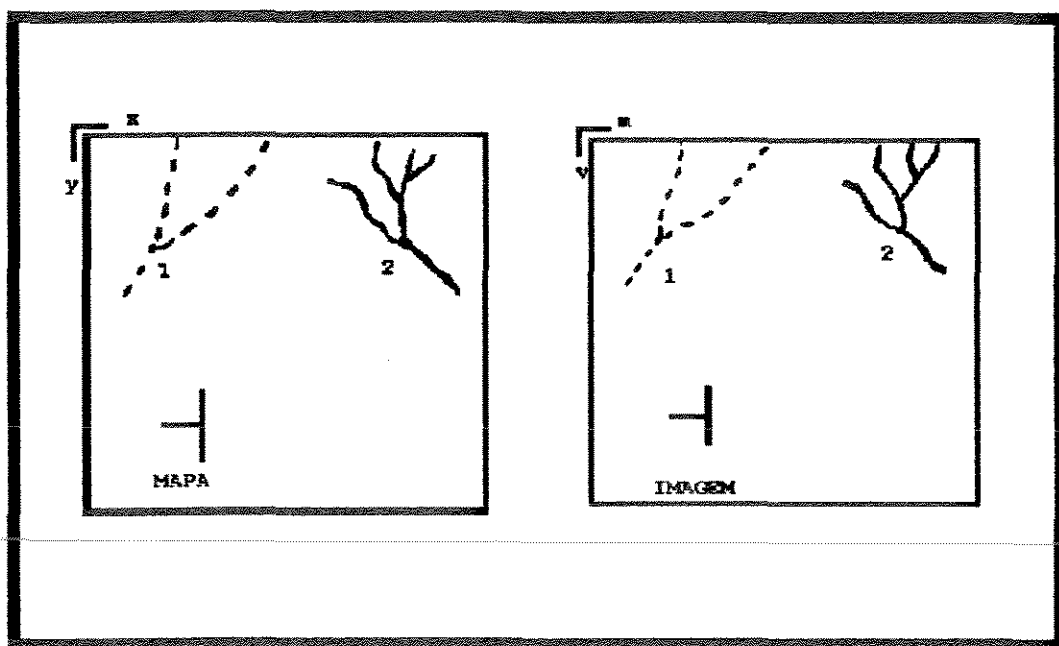


Fig.5.1- Sistemas de coordenadas cartesianas para mapa e imagem a partir da seleção de pontos de controle para implementação do registro da imagem.

Fonte: Richards (1986)

interpoladores do tipo vizinho mais próximo bilinear ou bicúbica.

Para aplicar o registro na imagem foram escolhidos 9 pontos de controle de coordenadas bem conhecidas, retiradas das cartas planoaltimétricas (Folhas Uauá - SC.24-V-D-VI- e Pinhões - SC-V-D-V da MINTER/SUDENE, escala 1:100.000). O erro médio obtido foi de 2,4 *pixel*, um resultado considerado bom para a escala de trabalho. A imagem final corrigida tem uma dimensão de 1087 x 1344 pixels.

Para assegurar a qualidade da imagem registrada, procedeu-se a sua entrada no SIG (*Grass4.1*), com a digitalização de feições da carta planoaltimétrica

(estradas, rede de drenagem) e verificou-se uma boa superposição destas feições em ambos os produtos.

5.2.1- Seleção das Bandas

A seleção das bandas tem como objetivo principal, assegurar, a partir do conjunto de bandas do sensor, as três melhores para se obter uma composição colorida.

Existem algumas técnicas de seleção de bandas que são aplicadas, principalmente quando há pouca informações sobre as características espectrais dos alvos. Tais técnicas, que são conhecidas como critério Seleção de Atributo (Li, 1982), Técnica de Comban (Galvão & Menezes, 1987), Técnica de Selba (Galvão, 1988), mostram aproximadamente 120 combinações possíveis, para definirem a melhor composição colorida envolvendo uma análise estatística (Sheffield, 1985; Crippen, 1989), que muitas vezes não é necessariamente a imagem de melhor interpretação qualitativa (Crósta & Moore, 1989).

Nesse trabalho, o triplete selecionado foi baseado nos trabalhos existentes na literatura para áreas semi-áridas (Ver por exemplo Rothery 1987, 1987a), que descrevem as três melhores bandas TM para ser usada na composição colorida (TM7 com TM5, TM4, TM2). Como o alvo são rochas máficas-ultramáficas, foram selecionadas as seguintes bandas: banda 4, por apresentar características espectrais da vegetação e conferir informações relativa a presença de ferro (Hunt et al., 1973, 1974; Hunt & Ashley, 1979; Hursey, 1989; Lourim et al., 1989; Harrington, 1991). A banda 5 por caracterizar o albedo e em geral mostrar alta reflectância para a maioria dos minerais, enquanto banda 7 responde a presença de

minerais com hidroxilas pela redução na reflectância devido as variações das características relacionadas a hidroxila. Nesse caso, o triplete 4,5,7, combinados no vermelho, verde e azul foi selecionado, já que este produziu uma melhor visão das informações da imagem (Fig.5.2). Vale mencionar que as outras combinações de bandas demonstraram ser insatisfatórias para a discriminação dos tipos de rochas em questão.

5.3- Processamento dos Dados Landsat/TM

5.3.1- Técnicas de Realce

As técnicas de realce visam exclusivamente melhorar as características visuais de toda a imagem, ou de feições específicas, para posterior interpretação visual. Essas técnicas são necessariamente aplicadas, pois dificilmente os dados contidos em uma imagem de satélite espalham-se por todo o intervalo possível dos níveis de cinza, concentrando-se em uma pequena faixa. Para que as informações nela contidas possam ser extraídas, o histograma comprimido tem então que ser expandido para ocupar todo o intervalo disponível. Isto é possível por uma realce de contraste (*contrast stretch*), no qual o computador usa uma função de transferência ou *look-up table* (LUT), que pode mostrar as operações de entrada e saída de dados. Em aplicações geológicas, técnicas de realce de imagem têm sido bem sucedidas, pelo fato de possibilitar a integração da informação espectral realçadas com informações espaciais dos alvos, como pode ser visto em **Paradella (1983)**, que a partir de informações espectrais e temporais de dados digitais MSS permitiram discriminar com eficiência unidades litológicas a nível comparável com

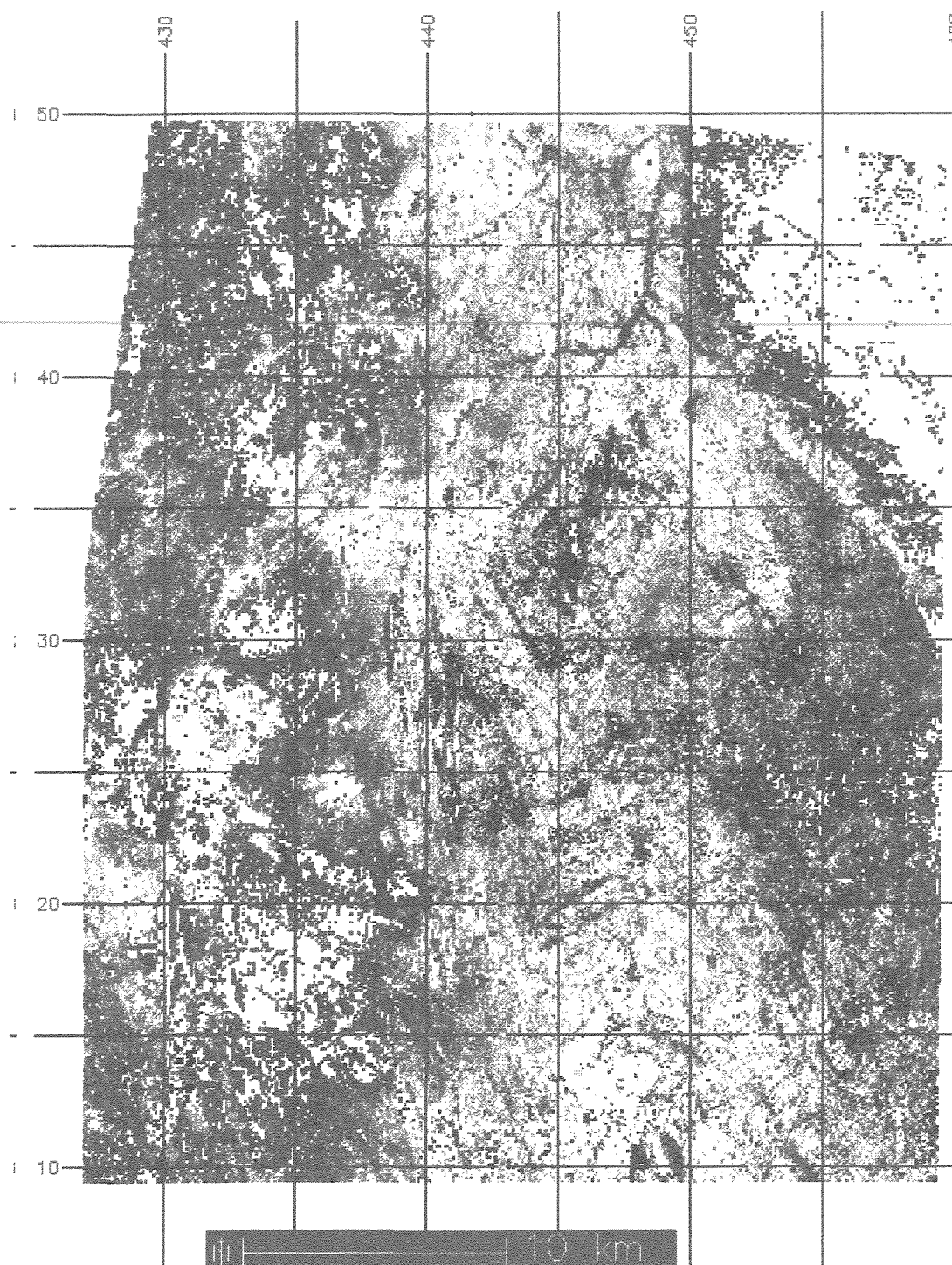


Fig.5.2- O triplete selecionado para área. Bandas 4,5,7 em RGB

escala 1:50.000 em uma região situada no baixo Vale do Rio Curaçá, nordeste do Estado da Bahia.

O realce de contraste pode ser feito por diversos algoritmos tais como: linear, logaritmo, exponencial, equalização e normalização gaussiana.

Na área estudada, foram aplicados vários realces de contraste, entretanto o linear foi o que mostrou ser mais satisfatório. Nesse tipo de realce, a função de transformação dos valores de brilho da imagem é uma função de 1º grau (linear), onde o programa adquire o histograma para cada banda, fazendo com que automaticamente o valor mínimo e máximo seja ampliado linearmente entre 0 e 255.

As transformações são mostradas na tabela 5.1, que relaciona os valores de brilho da imagem original nos correspondentes valores de brilho da imagem realçada.

TM BANDA	ORIG. DN	RESCALADO	ORIG. DN	RESCALADO
1	85	0	135	255
2	28	0	80	255
3	45	0	120	255
4	42	0	110	255
5	90	0	252	255
7	30	0	125	255

Tabela 5.1- Transformações dos dados TM Rescalado pelo realce de contraste linear.

5.3.2- Transformação por Principais Componentes

Análise dos Principais Componentes é uma técnica empregada para analisar dados multivariantes. É uma transformação matemática que gera novas imagens atribuídas a componentes ou eixos, que são combinações lineares das imagens originais. Essa técnica permite gerar novos grupos de eixos rotacionais, que são ortogonais com cada outro e as novas imagens não tem correlação matemática com as outras (Taylor, 1974; Schowengerdt, 1983; Chavez et al., 1984; Chavez, 1989; Loughlin, 1991). Essa técnica foi aplicada na tentativa de realçar e destacar diferenças espectrais. Para acompanhamento das discussões, as tabelas de Variância-Covariância e Auto-Vetores entre as bandas são apresentadas a seguir. Observando a tabela 5.2, a banda 3 possui uma maior variabilidade, ou seja, apresentou uma maior variação dos níveis de brilho ou níveis de cinza entre os materiais existentes na imagem, o que resulta em uma maior probabilidade de discriminação entre os diferentes alvos, onde inclusive os contrastes são mais nítidos. Essa variabilidade é seguida pelas bandas TM2, TM5 e TM7 que juntas compõem o melhor conjunto da imagem.

TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
1228,38	1106,08	1073,47	848,65	881,80	882,44
1106,08	1927,33	1878,14	1491,60	1503,06	1507,38
1073,47	1878,14	1974,78	1525,75	1603,98	1586,91
848,65	1491,60	1525,74	1383,14	1298,58	1251,41
881,80	1503,06	1603,98	1298,58	1816,38	1588,07
882,44	1507,38	1586,91	1251,41	1588,07	1618,69

Tabela 5.2- Resultados Estatísticos do Processamento Transformação por Componentes Principais - Matriz de Variância-Covariância

A Fig.5.3 mostra a porcentagem total de variância para cada componente contribuído pelos auto-valores. Como se observa as três primeiras componentes somam quase que a variância total da cena original (99,1%) para o conjunto de seis bandas. O restante da variância não é significativo (TM4, 5, 7 apresentam 0.6, 0.2 e 0 respectivamente), já que as imagens componentes de ordem maior contém apenas ruídos ou baixa qualidade de informação para a interpretação visual e portanto, podem ser descartadas. O problema nesse caso, é que embora do ponto de vista quantitativo a porcentagem de informação nas duas últimas PCs sejam muito inferior às anteriores, do ponto de vista qualitativo essa pequena porcentagem pode corresponder justamente a informação de interesse, já que feições espectrais relacionadas a determinados minerais indicativos de presença de jazidas, que por, se tratar de feições espectrais muito específicas, pode ficar concentrado nas 2 ou 3 últimas PCs, conforme Crósta (1990, 1992). Isso pode ser observado na PC5 (Fig.5.4), destacando-se uma feição espectral, que corresponde a região de ocorrência do Complexo Anortosítico Lagoa da Vaca. Foi também nessa PC, que observou-se a melhor compartimentação tectônica da área, através da individualização das faixas Caldeirão e Sergipana, bem como do Bloco de Uauá.

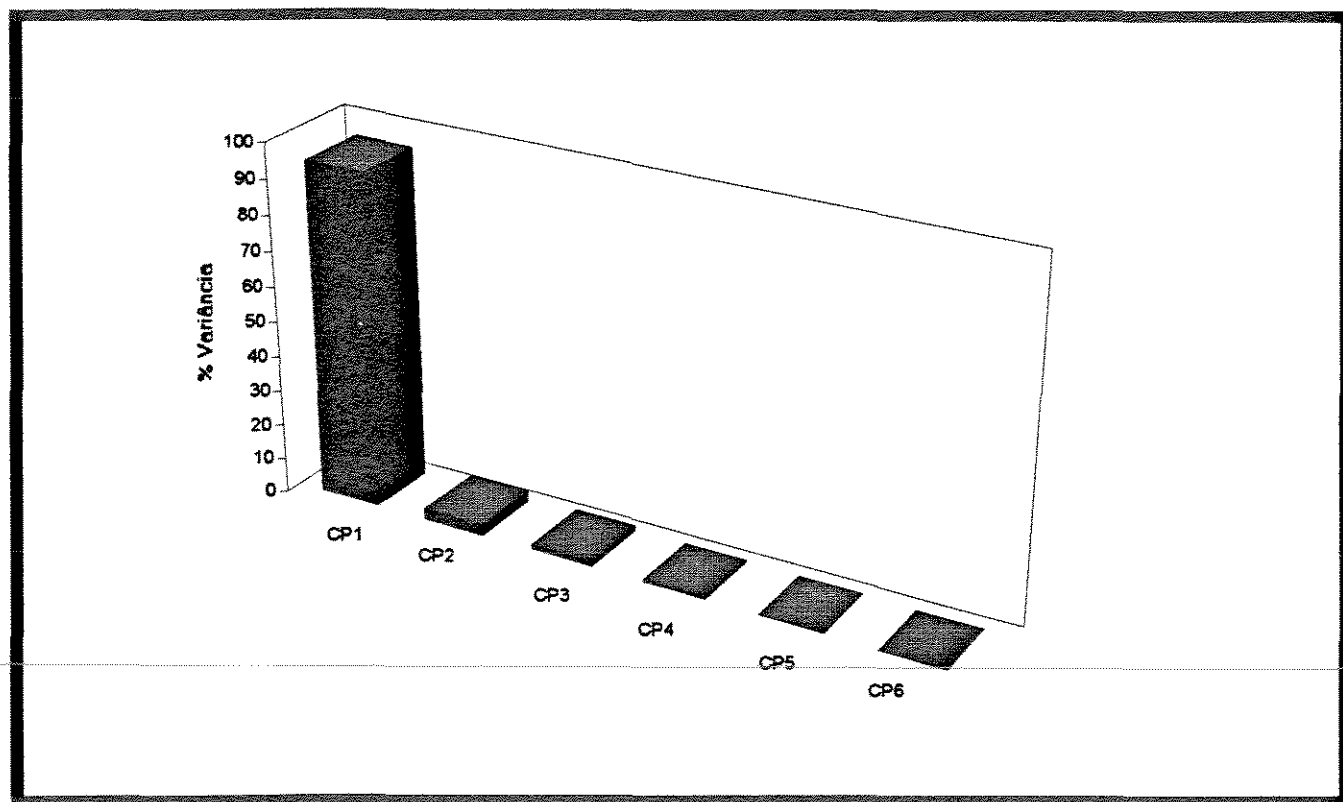


Fig.5.3- Porcentagem de variância correspondente a cada componente principal para o conjunto das seis bandas do espectro refletido

Com base na matriz de Auto-Vetores (Tabela 5.3), foi possível descrever qual das bandas originais apresentaram informações mais significativas, ou seja aquelas que contribuíram na formação de cada componente. No primeiro auto-vetor ou PC1 (Fig.5.5), a banda 3 teve maior contribuição, com participação bem balanceada de banda 3 original, sendo interpretada como uma imagem de albedo, a qual descreve o brilho médio da cena, resultando desta forma em uma componente semelhante às todas as outras bandas. Por isso a PC1 será muito semelhante na aparência com a bandas originais, já que a PC é quase uma soma das médias das imagens. A PC2 teve uma contribuição significativa da banda TM1 (Fig.5.5). Já a PC3 apresentou tanto a



Fig.5.4- PC5 mostrando os limites tectônicos e destacando a ocorrência do Complexo Anortosítico

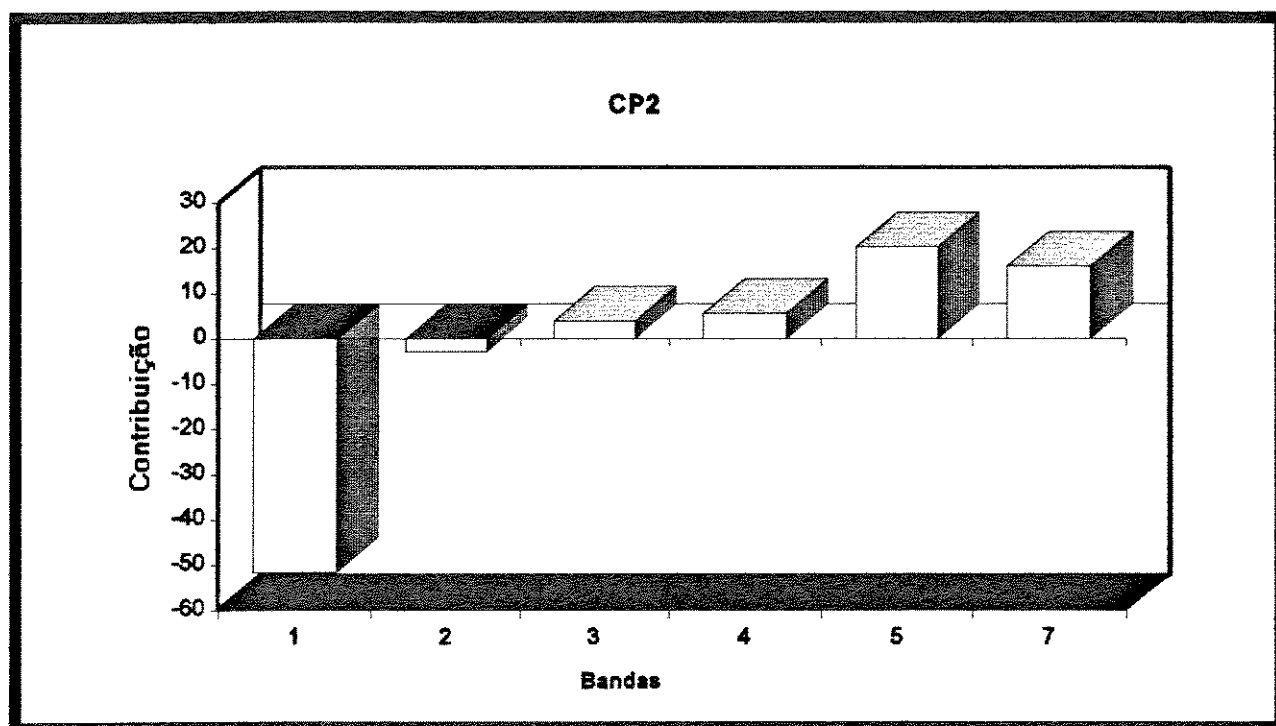
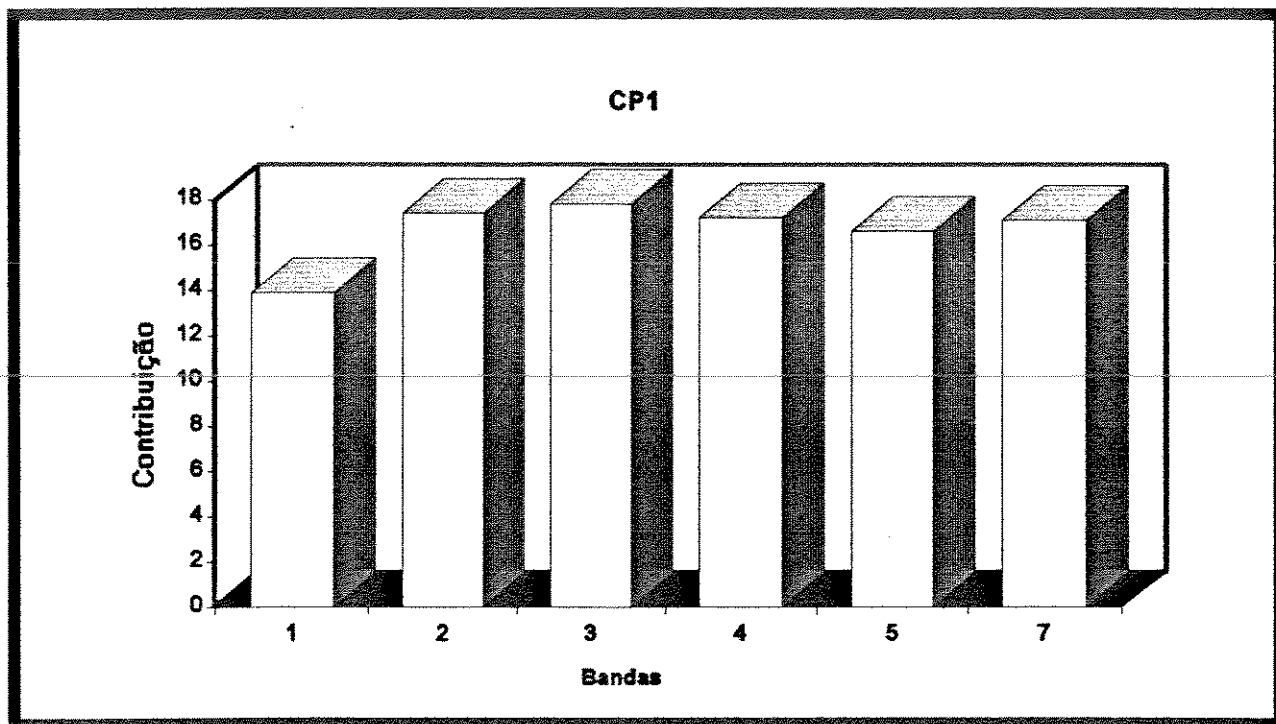
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	% TM1	% TM2	% TM3	% TM4	% TM5	% TM7
PC1	0,341	0,427	0,432	0,419	0,406	0,418	13,9	17,4	17,8	17,2	16,6	17,1
PC2	-0,888	-0,049	0,065	0,095	0,347	0,276	-51,6	-2,8	3,8	5,6	20,2	16,0
PC3	-0,292	0,409	0,301	0,441	-0,552	-0,397	-12,2	17,1	12,6	18,4	-23,1	-16,6
PC4	0,087	-0,407	-0,317	0,720	0,301	-0,341	4,0	-18,7	-14,6	33,2	13,8	-15,7
PC5	0,027	-0,260	-0,209	0,318	-0,561	0,687	1,3	-12,6	-10,1	15,4	-27,2	33,4
PC6	-0,041	0,644	-0,758	0,033	0,071	0,057	-2,6	40,1	47,3	2,1	4,4	3,5

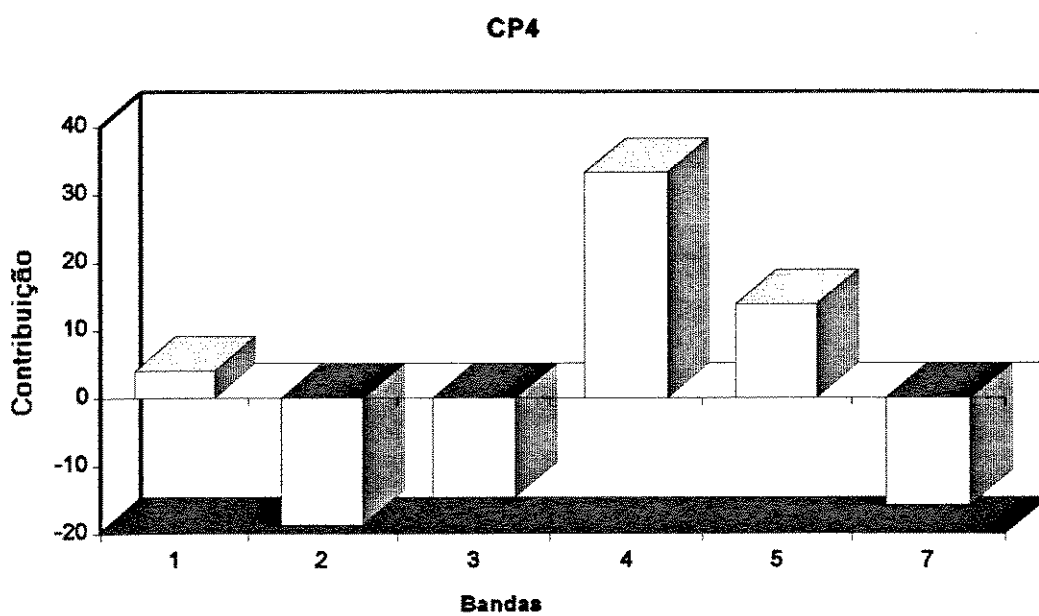
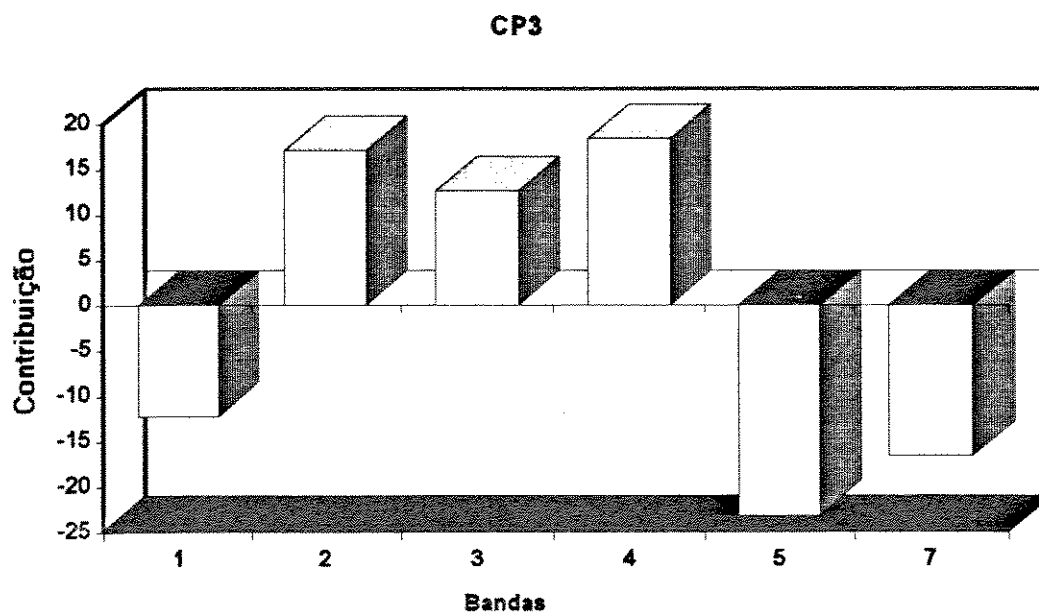
Tabela 5.3- Parâmetros Estatísticos da Análise dos Principais Componentes.

- Matriz Auto-Vetores -

contribuição das bandas TM2, TM4 e TM5, onde TM5 foi a mais alta (Fig.5.5). A PC4 teve contribuição das bandas TM7 e TM4, onde a TM7 foi a mais significativa. A PC5 mostrou contribuição das bandas TM7 e TM4, enquanto que a PC6 teve a maior contribuição da banda TM3 (Fig.5.5).

Na tentativa de obter mais informações dos comportamentos espectrais dos diversos alvos a partir da análise dos auto-vetores como contribuição das diferentes bandas foi aplicado o método de "*Feature-Oriented PC Selection*" desenvolvido por Crósta (1992), não apresentando portanto, resultados satisfatórios.





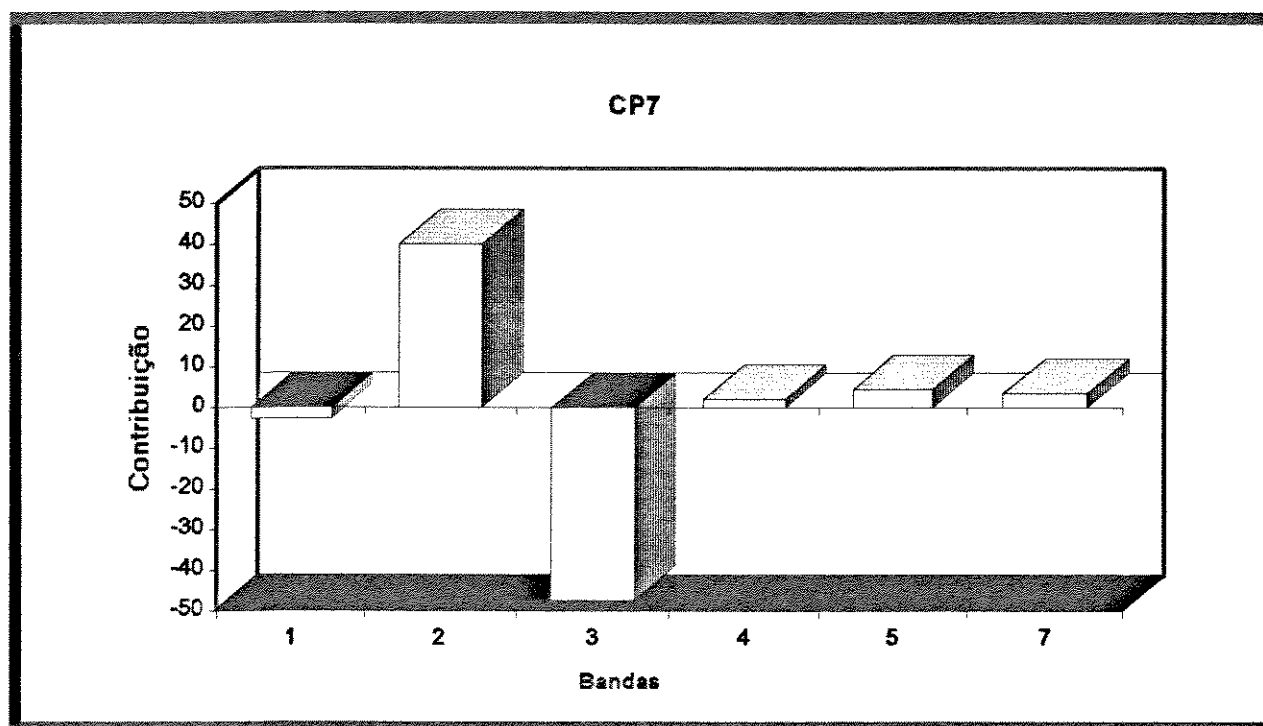
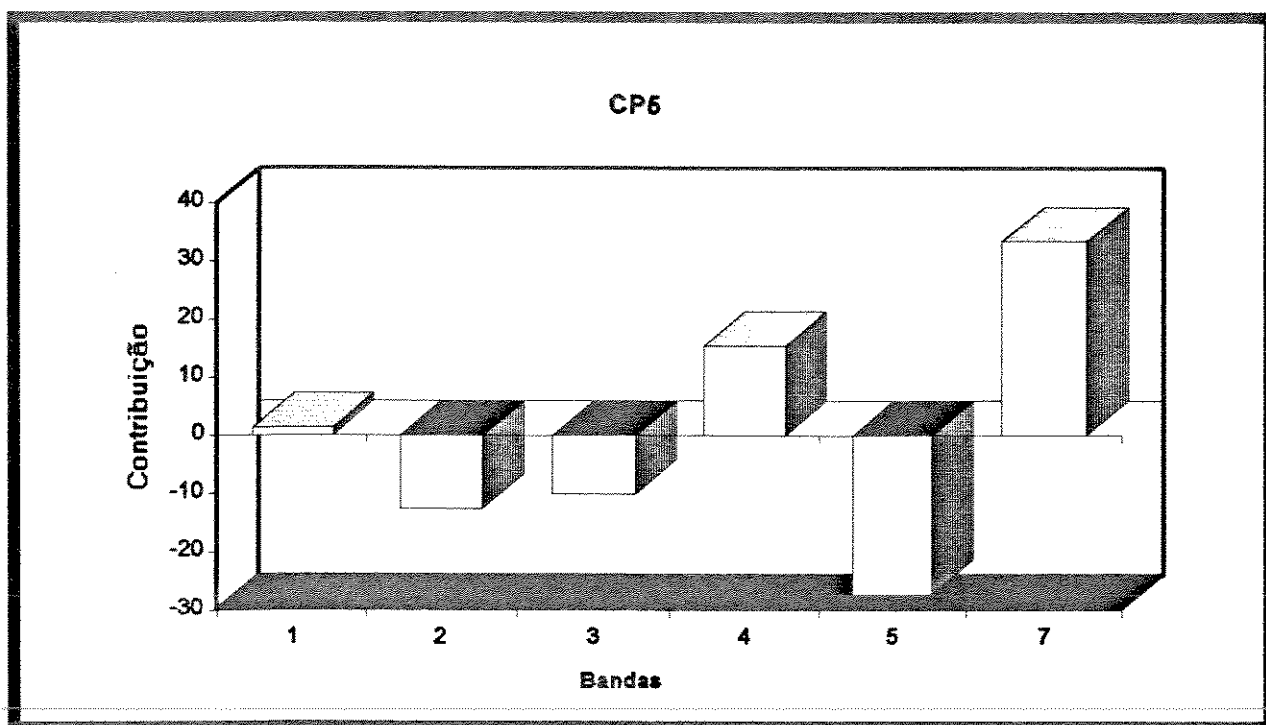


Fig.5.5- Coeficientes de contribuição das bandas TM para cada Componente Principal (CP)

5.3.3- Realce por Decorrelação

Realce por Decorrelação (Soha & Schwartz, 1978) é uma técnica aplicada principalmente para exagerrar a saturação de cores, sendo facilmente em termos da provável diferença da resposta espectral dos materiais da superfície (Rothery, 1987; Rothery & Hunt, 1980). A aplicação dessa técnica segue todos os passos usados na Análise dos Principais Componentes até a fase final em que as Pcs tem seu contraste aumentado. A única diferença é que na decorrelação utiliza-se a matriz transposta de auto-vetores (Crósta, 1992).

Conceitos básicos e introdutórios sobre realce por decorrelação podem ser encontrados nos trabalhos de Kahle et al. (1980), Kahle & Rowan (1980), Kahle & Goetz (1983), Abrams (1984), Gillespie et al. (1986), Rothery (1987a, 1987b), Pontual (1988).

Nesse estudo, o triplete selecionado foi D7, D5 e D4, já que este tem sido aplicado em terrenos áridos e semi-áridos e apresentou excelentes resultados na discriminação de litologia, distinguindo inclusive, intrusões ultramáficas e trondhjemiticas dentro de seqüências cumuláticas e intrusões de todas as composições dentro de diques e lavas (Pontual, 1988).

A composição colorida D7, D5, D4 em RGB (Fig.5.6) permitiu discriminar a maioria dos tipos dos tipos litológicos mostrados nos mapas existentes (Mapa Geológico da Região de Uauá-Bendegó, elaborado pela Missão Geológica Alemã). A etapa de campo confirmou todas as observações. Os tipos de rochas são distintos na cor e são separados na imagem (Tabela 5.4).

Tipos Litológicos		Cores
Faixa de Dobramento Sergipana	Quartzitos	Azul
	Cascalhos	Róseo
	Filitos	Amarelo-Vermelho
	Mármore	Cyan
	Calcários	Cyan
Bloco de Uauá	Rochas Máficas	Magenta
Faixa Caldeirão	Quartzitos	Azul
	Gnaisses	Verde-Amarelo

Tabela 5.4- Cores das rochas no realce por decorrelação das imagens TM

Na Faixa de Dobramento Sergipano distingue-se os seguintes tipos litológicos: os quartzitos mostram uma cor azul. Mármore e calcários apresentam cor *cian*. Filitos apresentam uma coloração amarelo-vermelho. .

O Bloco de Uauá apresenta cores magenta, que estão relacionadas aos corpos máficos e uma tonalidade azul turquesa, característica de áreas com vegetação.

Já na Faixa Caldeirão, os gnaisses mostram uma variação de amarelo para verde. Os quartzitos aparecem em tonalidades azul turquesa.

Vale mencionar que, embora utilizando-se esta técnica as imagens mostram uma maior intensidade das cores, muito pouco foi adicionado em termos da discriminação litológica aos mapas existentes e o trabalho de campo.

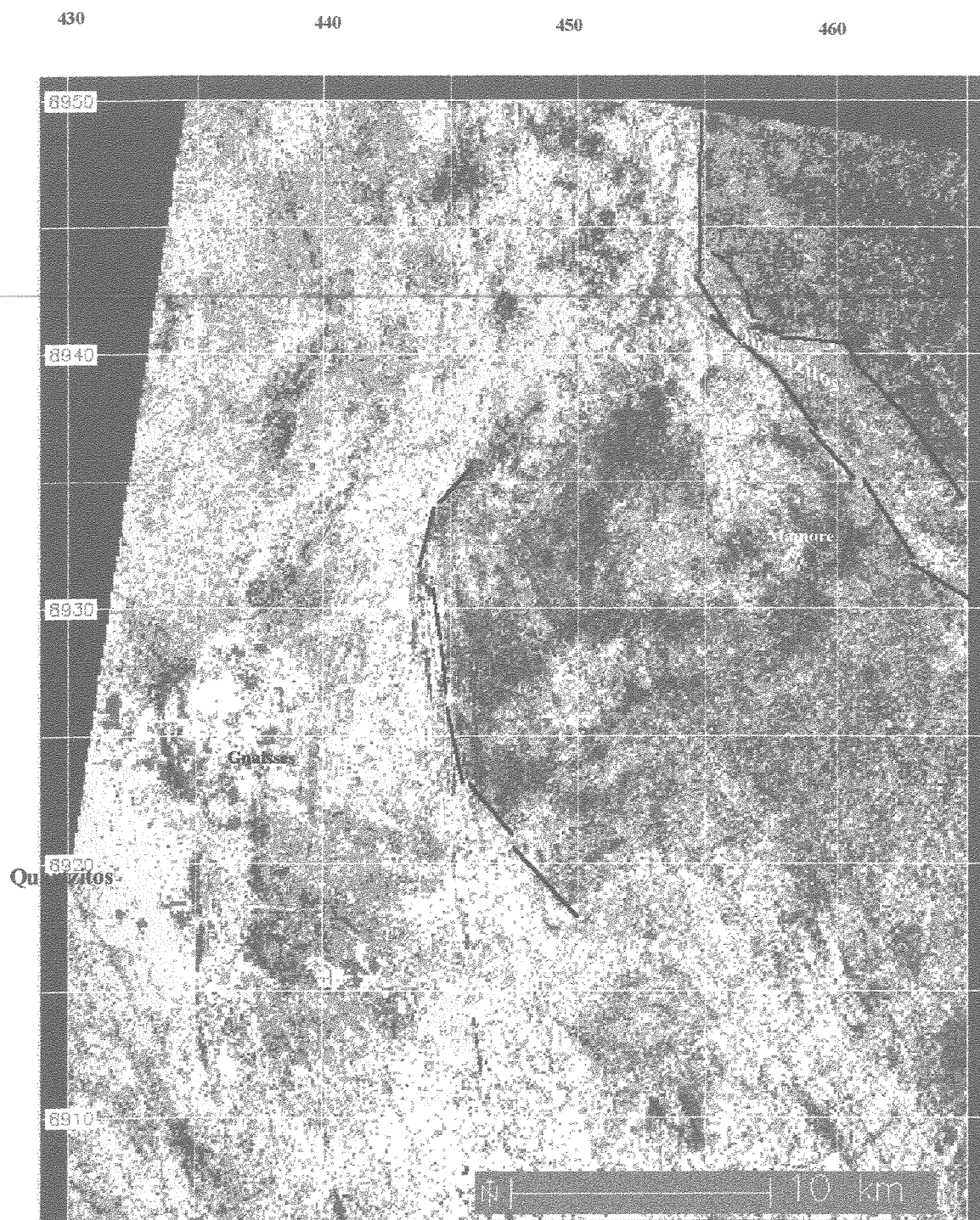


Fig.5.6-Realce por Decorrelação (D7,D5,D4) em RGB

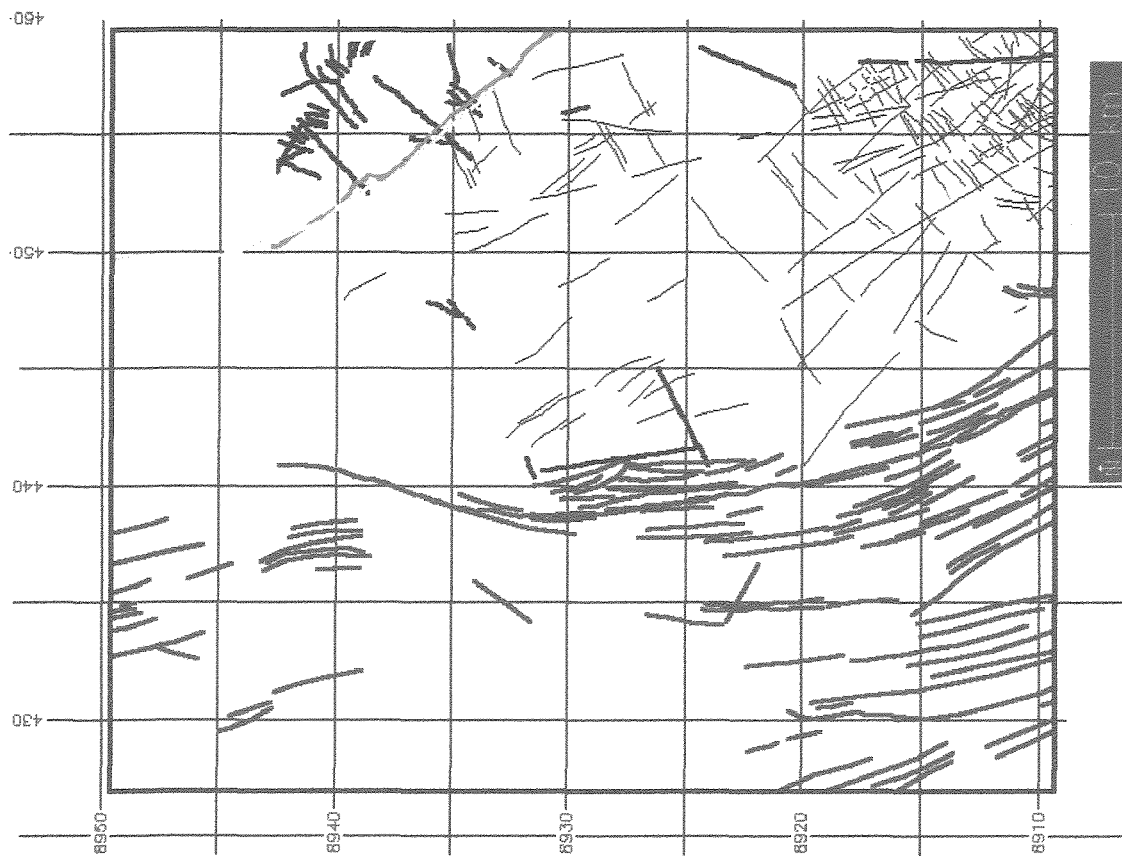
5.3.4- Realce de Borda

O realce de borda foi aplicado na tentativa de realçar feições indicativas de fraturamento e falhamento, feições essas perceptíveis na imagem pela análise visual, como também com auxílio de funções do tipo filtros direcionais. O uso desses filtros tem como objetivo realçar lineamentos que não são claramente visíveis por causa das mudanças no contraste tonal ou das variações na irradiação solar devido a topografia.

A imagem selecionada para realçar essas feições estruturais foi a primeira componente principal, por ser uma imagem livre de ruídos e por conter a maior parte da variância total (Drury 1986, 1987).

Para produzir o realce a imagem foi processada usando um filtro direcional do tipo *Prewitt* com os fatores de peso escolhido para alta luz com direções norte, noroeste, nordeste e leste, realçando portanto todas as direções possíveis de orientação.

Como resultado pode-se observar na Fig.5.7, na qual mostra os lineamentos do mapa geológico e os derivados do realce da imagem TM. Essa técnica adicionou aproximadamente 20% a mais do número de lineamentos conhecidos.



LEGENDA

MAPA GEOLÓGICO

- Zona de Cisalhamento
- Falha de Cavalgamento
- Fraturas

IMAGEM LANDSAT/TM

- Zona de Cisalhamento
- Falha de Cavalgamento
- Fraturas

Fig.5.7.- Lineamentos do Mapa Geológico e os Derivados da Imagem TM

5.4- Conclusões

De maneira geral alguns pontos podem ser concluídos:

- Com o Processamento Digital obteve-se um bom nível de identificação de feições, que posteriormente foram relacionadas a rochas máfica-ultramáficas.

- A análise de realce mostrou uma melhor definição em relação a interpretação visual das feições em seus limites.

- A análise visual das imagens mostrou claramente a predominância das estruturas de direção NE.

- A análise dos Principais Componentes não só definiu melhor a área de ocorrência do Complexo Anortosítico Lagoa da Vaca, como também mostrou uma melhor compartimentação tectônica da área em questão.

- O realce de borda acrescentou um bom número de lineamentos até então desconhecido na região.

- O realce por decorrelação foi capaz de discriminar as litologias em termos da saturação das cores.

6- Dados Geofísicos

6.1- Introdução

Embora a aeromagnetometria seja um método tradicionalmente aplicado na exploração de petróleo para determinar a profundidade das rochas do embasamento, localizar e delinear a extensão das bacias sedimentares, é também uma técnica muito empregada na exploração mineral, sendo possível através do contraste de suscetibilidade magnética reconhecer e delinear estruturas ou ambientes estratigráficos favoráveis para vários tipos de depósitos minerais, tais como sulfetos maciços e disseminados, depósitos de ferro e cromita. Esse método é aplicado para identificar rochas intrusivas máficas e ultramáficas (Kimbel et al. 1984), reconhecer e interpretar falhas, zonas de cisalhamento e fraturas (Drury & Walker, 1988).

Exemplos podem ser vistos nos trabalhos de Batteham et al. (1983), Clark (1983), Eliason et al. (1983), Paterson & Reeves (1985), Crowan et al. (1985), Summer (1985), Rolim et al. (1993).

O método baseia-se nas propriedades magnéticas das rochas e na sua capacidade de produzir alterações no campo magnético terrestre. Tais alterações são conhecidas como anomalias, que são causadas pela presença de minerais ferromagnéticos em superfície e subsuperfície, sendo causada por dois tipos de magnetismo: o magnetismo induzido e magnetismo remanescente. O magnetismo induzido resulta da ação do campo magnético terrestre sobre o material, onde a magnetização é diretamente proporcional à intensidade do campo magnético local. A magnetização induzida é dada por: $J_i = kT$; onde J_i = magnetização induzida; k = suscetibilidade magnética e T = é a intensidade do campo em gauss. Já magnetização remanescente ou permanente é adquirida quando o material é resfriado abaixo do

ponto Curie, e sua direção depende da direção do campo magnético terrestre na época. O vetor magnetização total é resultante da soma da magnetização induzida e a magnetização permanente.

A propriedade magnética mais significativa das rochas é a suscetibilidade (Dobrin & Savit, 1986), onde está relacionada ao conteúdo de magnetita da rocha e, conseqüentemente, ao contraste magnético entre as litologias. A tabela 6.1 mostra alguns valores de suscetibilidade magnética para diferentes tipos de minerais e rochas. As rochas máficas geralmente apresentam maior suscetibilidade que as félsicas, enquanto as rochas metamórficas têm propriedades magnéticas imprevisíveis

Material	k x 10 ⁶ cgs
magnetita	300.000 - 800.000
pirrotita	125.000
ilmenita	135.000
granito	28 - 2.700
diorito	46.8
gabro	68.1 - 2.350
diabásio	78 - 1.050
basalto	680
peridotito	12.500

Tabela 6.1- Valores de medidas de suscetibilidade magnética de alguns minerais e rochas.

Fonte: Dobrin & Savit (1986)

devido as suas variabilidades mineralógicas, sendo que os valores mais altos associam-se a magnetita. Já os sedimentos normalmente apresentam baixa suscetibilidade, exceto as formações ferríferas e folhelhos (Richards & Walraven, 1975).

Essa técnica permite a obtenção de dados até 20 km de profundidade. Acima desta profundidade, as substâncias magnéticas atingem o ponto Curie (750°C - Fe, 580°C - magnetita, 360°C- Ni, etc.) e perdem suas propriedades (Telford et al. 1992).

A radiometria é a técnica que consiste detectar e medir a radiação gama discriminando as leituras dentro do espectro de energia produzida pelo decaimento radioativo. O método usa a radiação gama emitida pela ocorrência clara dos rádio-isótopos ligados ao decaimento radioativo dos elementos potássio, urânio e tório que estão presentes com diferentes concentrações na superfície terrestre, mediante os níveis de radiação emitidos pelos elementos filhos potássio-40, bismuto-214 e tálio-208, respectivamente. Por isso, utiliza-se a notação eTh, eU para indicar que não se trata de uma medição da abundância desses elemento (Telford et al., 1992).

O conteúdo de K, U e Th em diferentes tipos de rochas está mostrado na tabela 6.2, onde se observa que os tipos intrusivos são mais radioativos que seus correspondentes extrusivos. As rochas básicas e ultrabásicas são caracterizadas por atividades radioativas muito baixas.

Esse método é usado principalmente para mapeamento de litologias, e também para localizar materiais radioativos na superfície, já que durante a desintegração radioativa podem ser emitidos três tipos de radiações: alfa, beta e gama (Richards & Walraven, 1975; Kileen, 1979).

Rochas	% K	ppm U	ppm Th
Ácidas	3,34	3,35	18,0
Intermediária	2,31	1,8	7,0
Básicas	0,83	0,5	3,0
Ultrabásicas	0,03	0,003	0,005
Gnaisses	2,0	1,6	8,0
Anfibolitos	0,7	1,0	4,0
Mármore	0,4	1,1	1,8

Tabela 6.2- Conteúdo de K, U e Th em diferentes classes de rochas

Fonte: Mares (1984)

6.2- Tratamento dos Dados Geofísicos

6.2.1- Natureza dos Dados

Os dados aerogeofísicos disponíveis na área são referentes ao Projeto Aerogeofísico Serra da Itiúba, gentilmente cedidos pela CPRM (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais) para este trabalho. Este projeto compreende a utilização de magnetometria e gamaespectrometria. O levantamento aéreo foi realizado pela PROSPEC S.A, em 1976 e abrangeu uma área de 72.000 km².

As linhas de vôo têm direção NW-SE e com detalhe N-S. O intervalo médio entre as linhas de vôo é de 1 km, e a altura média sobre o terreno é de 135 m..

O pré-processamento dos dados foi realizado pela CPRM, consistindo de

correção de altitude, efeito Compton, background, transformação de coordenadas e remoção do IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Esses dados estão em fitas magnéticas e apresentam arquivos no formato *ASCII*.

As técnicas de pré-processamento incluem a conversão de dados em formato "*grid*" e uma posterior geração de imagens no formato "*raster*", usando métodos de interpolação, resultando imagens mais convenientes para a interpretação, já que estas podem ser analisadas estatisticamente, realçadas para uma análise visual e combinadas aritmeticamente com outras imagens.

6.3- Processamento dos Dados Geofísicos

Para a geração das imagens "*raster*", testes foram realizados usando os métodos de inverso do quadrado da distância e "curvaturas mínimas" (Ribeiro et al. 1993; Ribeiro, 1994), no entanto optou-se pelo o primeiro método, já que as imagens geradas não apresentaram artefatos.

Embora hajam diversas referências quanto a dimensão da grade: 1/10 (Crósta, 1990), entre 1/4 e 1/8 (Vasconcelos et al. 1990; Ferreira, 1992 e Rolim et al. 1993), definida em função do espaçamento médio entre as linhas de vôo, neste trabalho foram geradas imagens com *pixels* de tamanho distintos (125, 250 m) para testes de comparação com os dados disponíveis. A partir destes valores, a célula da grade foi definida com o tamanho equivalente a 1/8 do espaçamento médio entre as linhas de vôo. As imagens resultantes são de qualidade considerada adequadas aos objetivos do trabalho, pois mostraram uma boa correlação com o mapa geológico disponível.

As imagens geradas apresentam áreas anômalas em tons de vermelho, seguidos

pelo azul. Os tons verde marcam as áreas com tons de radiação e suscetibilidade muito baixa.

A análise estatística dos dados permitiu a observação de uma aparência lognormal e normal das grandezas medidas para a aerogamaespectrometria e aeromagnetometria, respectivamente..

As técnicas de processamento usada nessas imagens foram: realce de contraste, filtragem e composição falsa-cor.

O realce de contraste ("*contrast stretching*") foi a técnica utilizada para realçar feições específicas para posterior interpretação visual (Tabela 6.3). O realce de contraste linear foi o que mostrou melhores resultados tanto para a magnetometria como para a radiometria

A filtragem foi uma técnica aplicada com o objetivo de remover alguns artefatos presentes na imagem. Esses ruídos foram eliminados com o uso de um filtro de mediana de dimensão 5x5 (Drury & Walker, 1987).

Na tentativa de realçar as feições magnéticas foi empregado um filtro de primeira derivada que realçou a presença de lineamentos magnéticos de direção nordeste, observado no Bloco de Uauá, possivelmente relacionado com o enxame de diques que ocorre nesse bloco. Com relação a zona de cisalhamento que delimita o Bloco de Uauá da Faixa Caldeirão, esta não está delimitada pela radiometria e magnetometria.

Com objetivo de estudar a estruturação magnética, aplicou-se a filtragem continuação para cima (1000 m), não apresentando resultados satisfatórios.

A composição "falsa-cor" de eU, eTh e K em RGB foi produzida na tentativa de discriminação litológica.

Dados Geofísicos	DN Original	Rescalado	DN Original	Rescalado
Magnético	20	0	230	255
Urânio	200	0	260	255
Potássico	190	0	195	255
Tório	208	0	252	255

TABELA 6.3- Dados Geofísicos Rescalados

6.4- Interpretação dos Resultados

A metodologia empregada para a interpretação dos resultados foi:

- Identificar zonas de suscetibilidade e de descontinuidade magnética.
- Identificar áreas anômalas pela a análise visual da composição falsa-cor.
- Comparar os resultados com os mapas geológicos existentes
- Uso de operações "*Booleanas*" para extrair áreas anômalas (para uso posterior no ambiente SIG).

6.4.1- Dados Magnetométricos

A imagem magnética foi interpretada com base em zonas de suscetibilidade e descontinuidade, na tentativa de identificar litologias, falhas ou lineamentos. Essa

interpretação foi comparada com os mapas geológicos existentes e, posteriormente, checada em campo. Portanto, as características geofísicas permitiu dividir a área em dois domínios principais (I e II), com padrões magnéticos distintos (Fig.6.1).

O domínio I ocorre na parte sul da Faixa Caldeirão e a norte da Faixa Sergipana. Exibe baixos magnéticos, que estão associados a gnaisses e filitos respectivamente.

O domínio II envolve a área restante e mostra-se caracterizado por isogamas de direção NE e por altos e baixos magnéticos, onde se destacam anomalias tanto na Faixa Caldeirão quanto no Bloco de Uauá, sendo este último com maior quantidade. Dessas regiões anômalas, a mais intensa está localizada no Bloco de Uauá e corresponde, com base em mapas existentes, a gnaisses e migmatitos, rochas essas que não apresentam contraste de suscetibilidade. No entanto, essa área foi checada em campo, confirmando a não existência de rochas aflorantes. Por outro lado, a análise de solo apresentou uma grande quantidade de minerais magnéticos, o que levou a suspeitar de um corpo máfico cego. Observam-se também alinhamentos retilíneos na direção nordeste, que podem ser atribuídos a um regime tectônico extensional mais novo, representativo de um enxame de diques que intrudem as rochas desse bloco. A Faixa Caldeirão apresenta duas regiões anômalas de médio a fraco relevo magnético. A primeira localizada na serra da Canabrava, que corresponde a um quartzito ferífero e a segunda a um granulito rico em magnetita.

6.4.2- Dados Radiométricos

As imagens radiométricas foram estudadas com o intuito de delimitar as unidades tectônicas, as unidades litológicas que encaixam os corpos máficos, bem como na

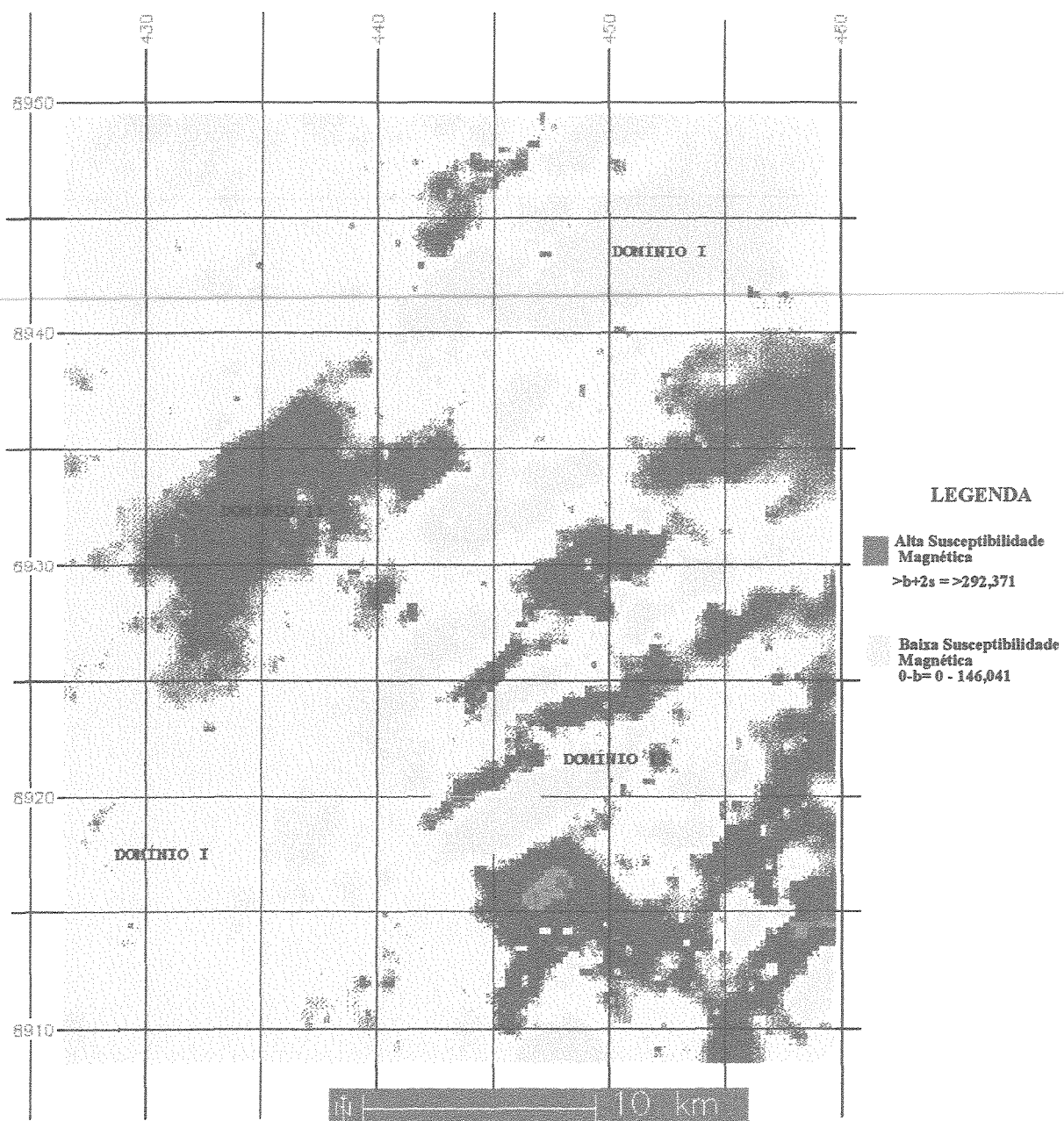


Fig.6.1- Imagem dos Dados Aeromagnéticos

tentativa de mapeamento das partes mais ácidas das rochas máficas diferenciadas. Para isso usou a resposta relativa dos três canais.

O canal tório (Fig.6.2) é o que melhor delimita o Bloco de Uauá e as Faixas Sergipana e Caldeirão, sendo os contornos da Faixa Sergipana os melhores delineados. O canal de Urânio (Fig.6.3) apresenta o maior número de ruído e o canal potássio (Fig.6.4) possui características intermediárias entre os dois.

A imagem Th (Fig.6.2) apresenta áreas anômalas bem individualizadas na Faixa Caldeirão, relacionada as rochas gnaíssicas. Outras áreas anômalas são observadas no Bloco de Uauá, correspondendo a rochas gnaíssicas e com menor frequência na Faixa Sergipana, associada a rochas filíticas.

A imagem de urânio (Fig.6.3) é a que apresenta menor quantidade de áreas anômalas, não apresentando ocorrência no Bloco de Uauá. As existentes estão localizadas na Faixa Caldeirão e Sergipana, ambas associadas a sedimentos Quaternários.

Já na imagem de potássio (Fig.6.4), duas áreas anômalas devem ser ressaltadas: a primeira, a norte da Faixa Caldeirão, relacionadas a constituintes de rochas ácidas. A segunda, no Bloco de Uauá, correspondendo a áreas de exposição de rochas graníticas. Nenhuma área anômala foi observada na Faixa Sergipana

A composição falsa-cor de eU, eTh e K em RGB (Fig.6.5) foi produzida para mostrar áreas onde há enriquecimento desses elementos. As áreas em branco representam regiões com alta resposta em todos os canais. Tais regiões são observadas a norte da Faixa Caldeirão e no Bloco de Uauá, ambas relacionadas a rochas de composição granítica. Da mistura das cores primárias resultou as cores magenta, cyan e amarelo que pode ser interpretadas como misturas dos três canais.

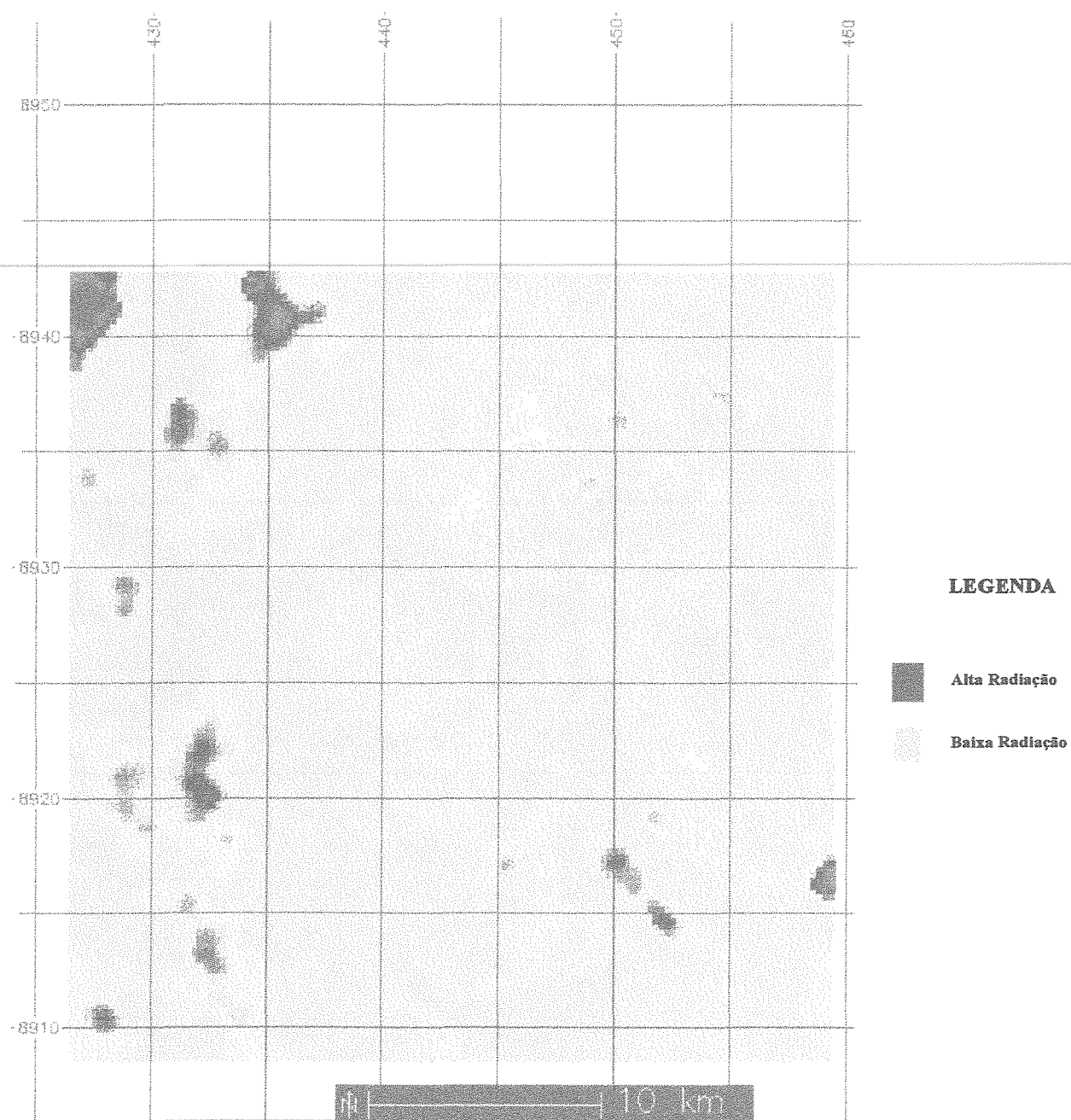


Fig.6.2- Imagem Tório

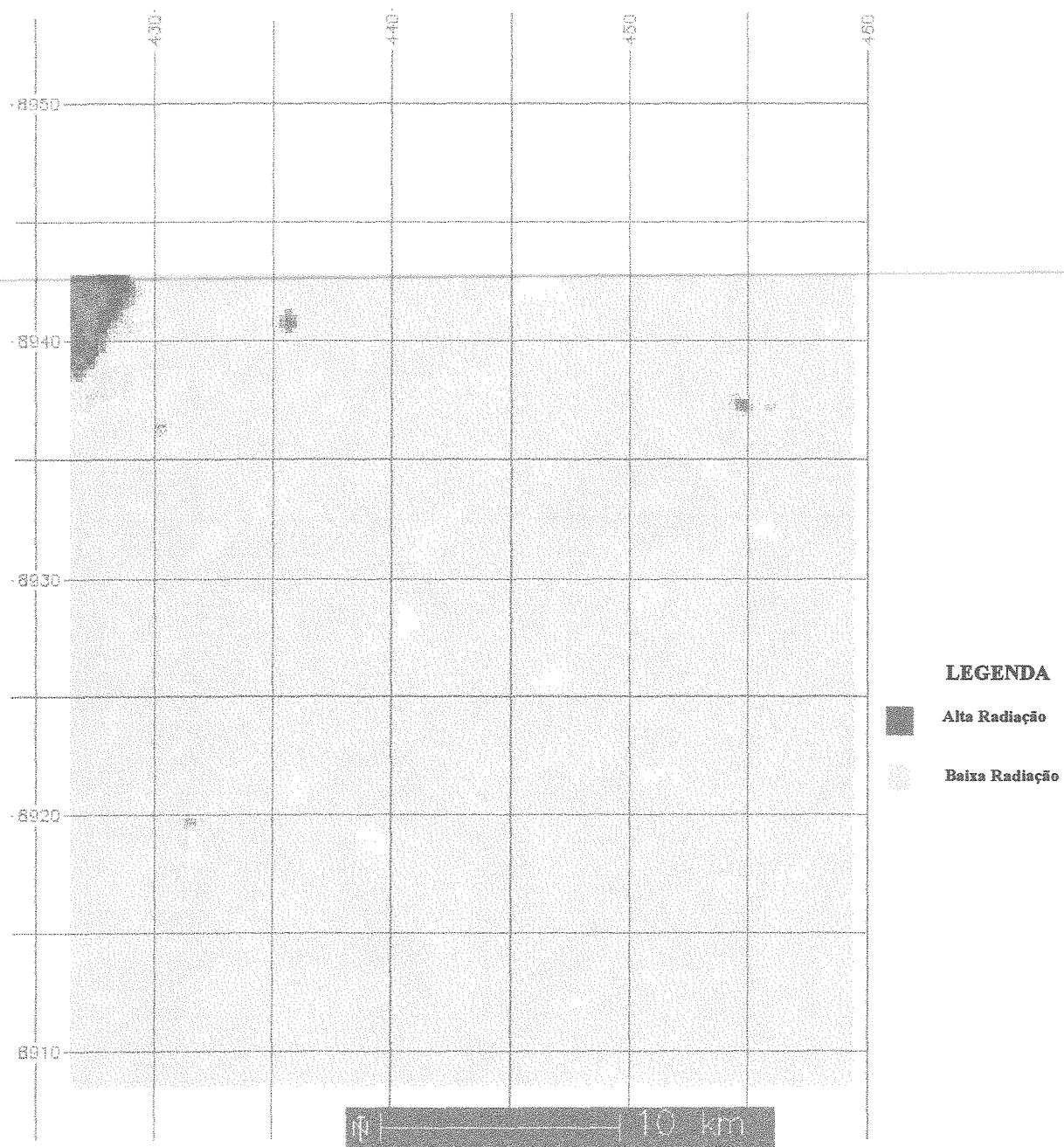


Fig.6.3- Imagem de Urânio

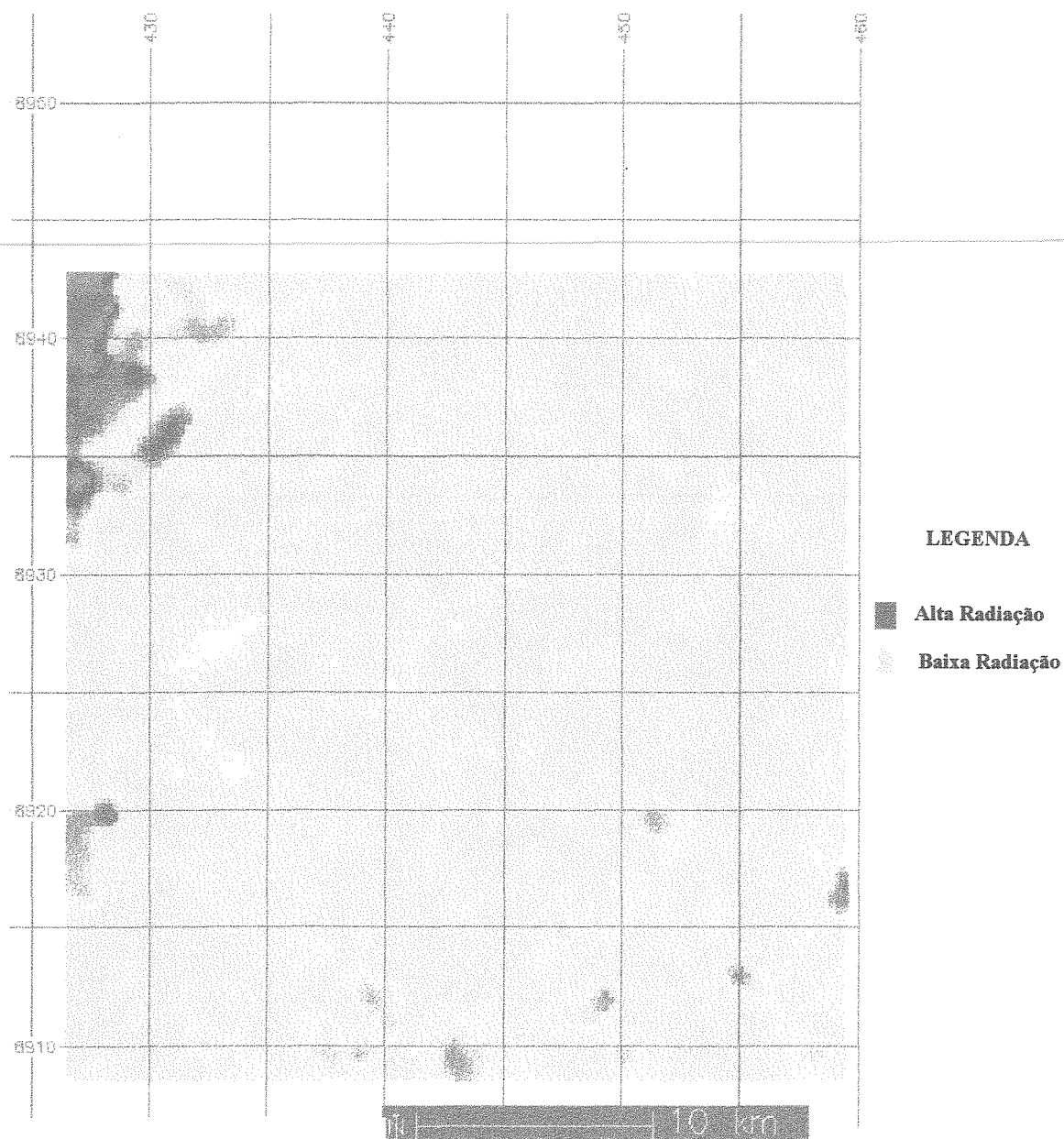
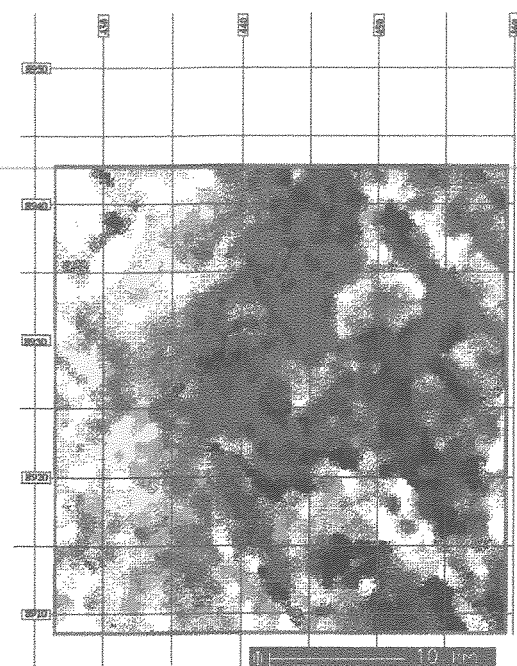
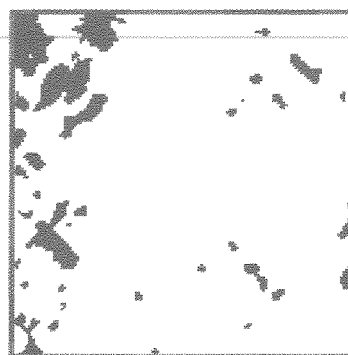


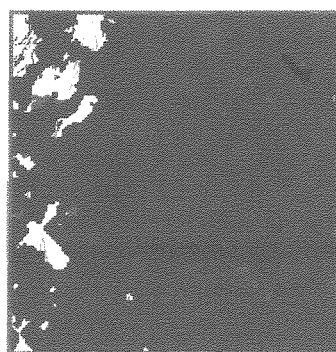
Fig.6.4- Imagem do Canal do Potássio



1



2



3

Fig.6.5- 1- Composição eU, eTh e K em RGB. As áreas em branco representam regiões com alta resposta em todos os canais

2- Imagem Booleana destacando as regiões com alta resposta em todos os canais

3- Imagem Booleana dos altos valores associada com a respectivas litologias de Mapa Geológico

6.5- Conclusões

A interpretação dos dados aerogeofísicos da área estudada permite chegar as seguintes conclusões:

- As unidades magnéticas caracterizam algumas áreas de maior presença de minerais ferro-magnéticos, refletindo a presença de terrenos máficos, constituindo um importante auxílio para o mapeamento geológico.

- Os dados interpretativos gamaespectrométricos mostram uma tendência de rochas de composição granítica registrarem os mais elevados níveis radiométricos de K, U e Th. O enriquecimento de U se faz notório nas ocorrências de sedimentares das Faixas Caldeirão e Sergipana. O enriquecimento de K é destaque nas maiores exposições dos granitóides. Já o empobrecimento de níveis radiométricos de U, Th e K são registrados em áreas de ocorrência de rochas máficas.

- As imagens, com a exceção a do canal do Th, não apresentaram uma boa delimitação do Bloco de Uauá e das Faixas Caldeirão e Sergipana.

7- Sistema de Informação Geo-Referenciada - SIG

7.1- Introdução

Toda a história do desenvolvimento do Sistema de Informação Geo-Referenciada (SIG) teve como princípio a técnica de "*overlay*" ou superposição de temas, que usa operações lógicas e aritméticas. O sistema teve suas raízes na história da cartografia temática, século XVIII, com a produção da primeira base de mapas. No entanto, o sucesso se deve ao avanço de bases computacionais, que foram capazes de manipular dados de várias fontes, trabalhar com uma variedade de formatos, armazenar, recuperar e cruzar dados para a análise e a geração de saída exigida pelo usuário.

Várias são as definições existentes de Sistema de Informação Geo-Referenciada, como podem ser vistas em Marble (1984), Goodchild (1985), Clark (1986), Parker (1987), Cowen (1988) e Aronoff (1989), apresentando alguns pontos comuns, que possibilitaram esboçar uma definição mais precisa: Sistema de Informação Geo-Referenciada necessita usar o meio digital, deve existir uma base de dados integrados geo-referenciados, ter funções de análises que variem de algébricas cumulativas (operações aritméticas) até algébricas não cumulativas (operações lógicas) (Notas de aula - Silva, 1994).

A função desses sistemas é melhorar a capacidade do usuário na tomada de decisões sobre pesquisas, planejamento e direção. Isso envolve uma cadeia de passos na observação e coleta de dados.

A entrada de dados em vários formatos, inclui dados espaciais e não espaciais. Durante a aquisição, informações revelantes para cada tipo de dado deverá ser obtida, para descrever a com exatidão, posição e suas características.

Dentro do contexto dos Sistema de Informação Geo-Referenciada, cada tipo de

tema refere-se a dados espaciais específicos, definidos por entidades espaciais geográficas, compreendidas por pontos, linhas e áreas. Os pontos representam o lugar do fenômeno geográfico. As linhas consistem da união dos pontos e, as áreas representam um domínio fechado de linhas (Peucker & Chrisman, 1975; Silva, 1991). Esses dados podem ser usados no ambiente do Sistema de Informação Geo-Referenciada em dois diferentes formatos: vetorial e *raster*, como podem ser vistos no capítulo 4, bem como em Silva (1991).

Já as entidades não espaciais correspondem as informações que não representam a localização, sendo divididos em atributos, relação espacial e tempo. Os atributos correspondem as características particulares dos dados geográficos e as feições descritivas tais como unidades litológicas e tipo de lineamentos. As relações espaciais expressam uma ligação entre as feições geográficas. Por exemplo, para que uma determinada região seja mineralizada, não é só importante conhecer a localização das litologias e as anomalias geoquímicas, pois os fatores condicionantes de mineralização dependem do que está próximo. O tempo está relacionado com a época em que os dados foram coletados, podendo ocorrer mudanças.

Nesse estudo as entidades não espaciais foram definidas em :

- Mapa geológico, resultante de um grupo de unidades litológicas
- Feições estruturais, que foram classificadas com base nas deformações dúcteis e frágeis
- Dados geofísicos, com base na intensidade das anomalias

Nesse trabalho, O Sistema de Informação Geo-Referenciada foi aplicado, porque foi necessário executar operações de "*overlay*" e análises algébricas, sendo então possível analisar convenientemente o banco de dados. A estratégia adotada foi a seguinte:

- Definir as unidades litológicas da região que apresentem os litótipos associados a corpos máficos-ultramáficos.

- Usar dados de sensoriamento remoto e geofísicos para auxiliar na definição de novas áreas máficas-ultramáficas, bem como na interpretação estrutural.

- Os dados radiométricos foram usados para mapear as partes mais ácidas das rochas máficas diferenciadas e a identificação de alguns intrusões graníticas existentes na região.

7.2- Funções

As funções de análises diferenciam o Sistema de Informação Geo-Referenciada de outros Sistemas de Informação. Essas funções usam os dados de atributos espaciais e não-espaciais para responder questões sobre o mundo real, podendo realizar simples operações em planos de dados individuais ou "*layer*" e complexas correlações entre "*layers*" (Aronoff, 1989).

Entre as principais funções temos: Operações *Booleanas*, Análise de Proximidades e Operações de Vizinhança.

A aplicação dessas funções podem ser vistas com maiores detalhes em Aronoff (1989) e Silva (1993).

As funções do SIG usadas foram:

- Operações "*Booleanas*" para selecionar áreas específicas, linhas ou pontos de dados.
- Operações de Vizinhança para informações relevantes de "*overlay*".
- Análise de Proximidade para aumentar a área de influência de feições particulares.

7.2.1- Operações *Booleanas*

Nas Operações *Booleanas* duas ou mais imagens são combinadas de acordo a regras lógicas para produzir uma nova imagem. Isso é possível com os seguintes operadores <NOT>, <AND>, <OR> e <XOR>, que satisfazem duas condições básicas: verdadeira ou falsa, fixando o valor em 1 ou 0, respectivamente.

Na operação derivada do <NOT>, a nova imagem contém todos os DN ou atributos dos "*layers*", a exceção do atributo selecionado. A nova imagem produzida pela operação <AND> apresenta regiões onde ocorrem simultaneamente o mesmo atributo. Na <XOR> a imagem final resultante apresenta regiões onde não ocorrem simultaneamente determinado atributo. A <OR> cria uma nova imagem apresentando regiões, onde ocorrem um determinado atributo em duas imagens, sem a necessidade de simultaneidade.

Esse tipo de operação foi a mais aplicada na área estudada, como pode ser visto na Fig.7.1, que mostra os filitos.

7.2.2- Análises de Proximidade

Análises de Proximidade ou operação "*Buffer*" é baseada na definição de espaços em torno de pontos, linhas ou áreas. Nesse tipo de função, quatro parâmetros devem ser especificados: a localização do alvo (como por exemplo: planos de falha, eixos de dobras, limites), a unidade de medida (distância em metro, etc.), a função para calcular a proximidade (distância de linha reta) e a área para ser analisada. A técnica é frequentemente chamada de zona de "*buffer*" ou seja uma área específica em volta de um ou mais elementos do mapa. A Fig.7.2 mostra a análises de proximidade de 100 metros nas estruturas existentes na região.

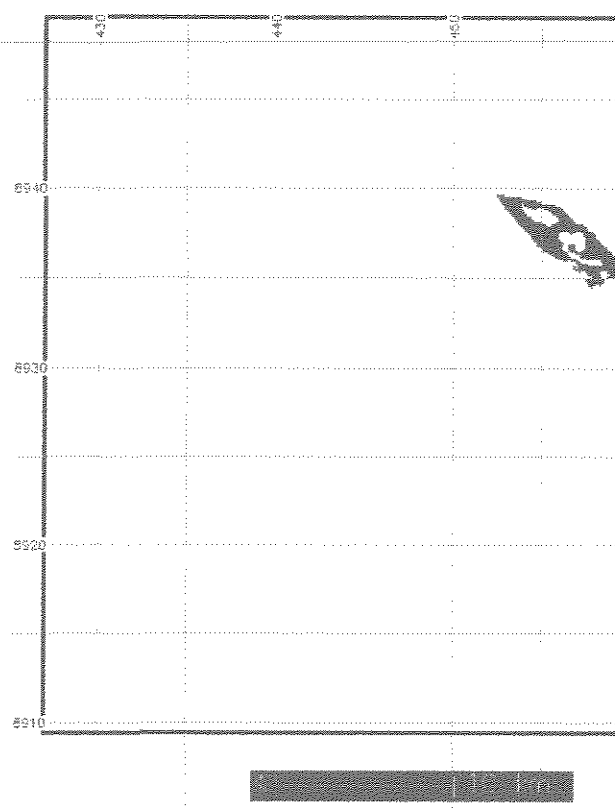


Fig.7.1- Imagem gerada a partir de Operações Booleanas com os Filhos da Região

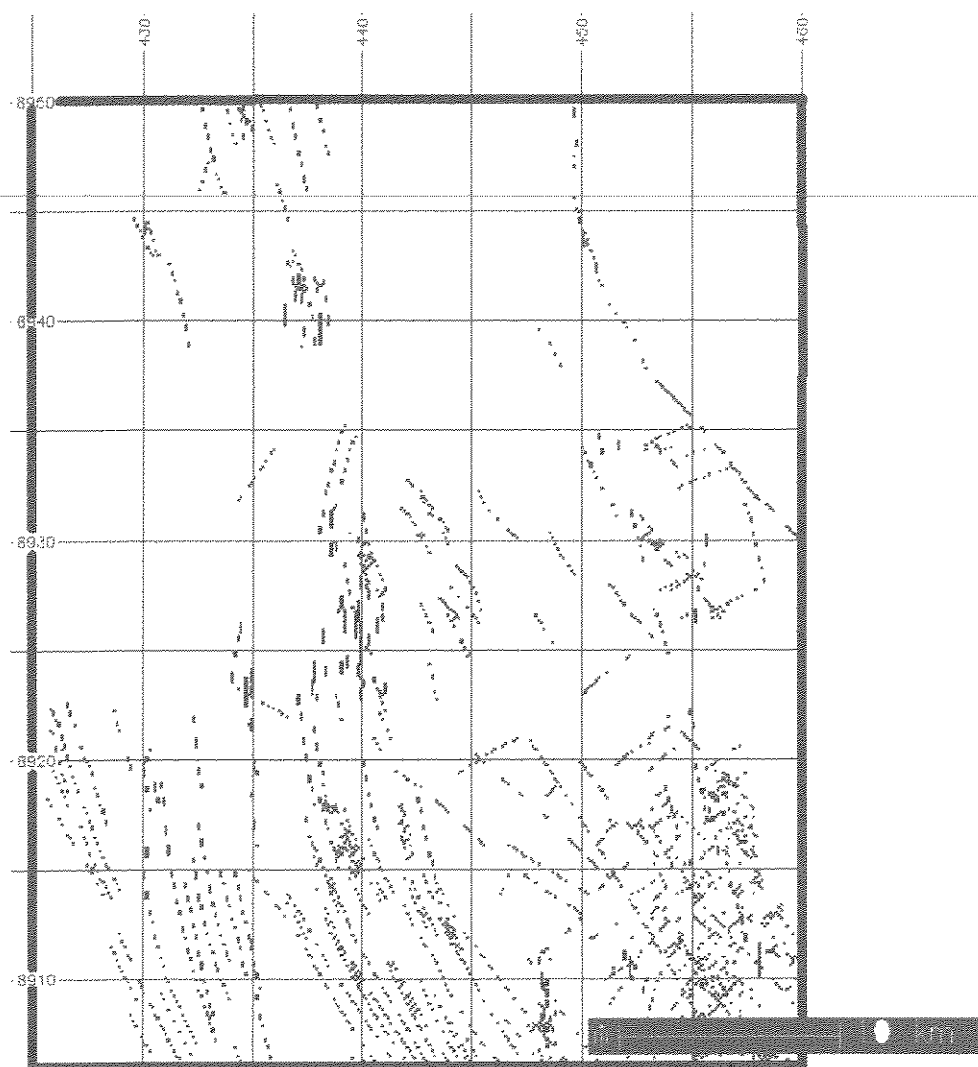


Fig.7.2- Análise de Proximidades nas estruturas existentes na Região

7.2.3- Operações de Vizinhaça

A Operação de Vizinhança considera o local ou as características da vizinhança dos dados com seus vizinhos, incluindo todas as funções que requerem a especificação de pelo menos três parâmetros básicos: uma ou mais localizações de alvos, a especificação de um vizinho ao redor de cada alvo e a função a ser realizada nos elementos dentro da vizinhança (Aronoff, 1989). Nesta operação, destacam-se os seguintes tipos: *overlay*, convolução, contorno e reclassificação.

7.3- Qualidade dos Dados

É de fundamental importância ao iniciar um trabalho, onde o Sistema de Informação Geo-Referenciada é aplicado, conhecer o padrão de qualidade dos dados, evitando assim que erros sejam introduzidos durante a coleta dos dados ou quando estes são digitalizados, classificados ou processados. Isso ocorre porque o desenvolvimento da base de dados do Sistema de Informação Geo-Referenciada usualmente envolve a integração de múltiplas fontes de dados com precisões e escalas variáveis, épocas de geração, autores diversos e atendimento a diferentes finalidades.

Qualquer informação adicional relacionada a qualidade dos dados podem ser vista em Aronoff (1989), Antenucci et al. (1991) e Silva (1993), portanto neste trabalho somente será mencionada a precisão de posição e a resolução espacial utilizada.

A precisão de posição está relacionada com a localização geográfica do objeto com a posição verdadeira na face da terra. Como pode ser visto no capítulo 4, essa posição foi calculada pelo *Root Mean Square*, mostrando resultados bastante satisfatórios, que foram confirmados por operações de "*overlay*".

A resolução espacial foi definida de acordo com informação da fonte. Os dados Landsat-TM tem uma resolução de 30 metros, mas foram modificados para 100 metros, com o objetivo de cruzamento com os dados geológicos. Os dados geofísicos apresentaram uma resolução de 125 metros, definida como 1/8 da distância entre as linhas de voo. Já o mapa geológico tem uma resolução de 100 metros, definido pela análise da escala.

7.4- Modelos Decisivos

O modelo decisivo é baseado em características que representem fatos ou fenômenos do mundo real, portanto em um trabalho que envolve SIG, a escolha de um ou mais modelos é importante. Neste trabalho, a tecnologia de Sistema de Informação Geo-Referenciada foi aplicada para selecionar áreas de ocorrências de rochas máficas-ultramáficas e indicar aquelas com potencial metalogenético. Para definição dessas áreas é importante estabelecer precisamente as funções do SIG que serão usadas.

O modelo deposicional foi aplicado, já que se trata de um trabalho com objetivos geológicos, e pode ser dividido de acordo com arcabouço estrutural e as associações litológicas da área.

7.4.1- Informação Estrutural

Tomando como base o arcabouço estrutural, a construção de um modelo, cuja concepção é derivada de uma combinação de fatores tais como: a presença de dobramentos, zonas de cisalhamento ou sistemas de fraturas, já que a maioria dos depósitos ocorrem comumente associada com feições estruturais.

Nesta região, cuja a distribuição das estruturas pode ser vista na Fig.5.6, foram delineadas três tipos: zonas de cisalhamento, fraturas e falha de cavalgamento. As zonas de cisalhamento são zonas de alguns quilômetros de largura com centenas quilômetros de extensão, com alto esforço de ductilidade com sentido variável de posicionamento. São zonas favoráveis para a percolação de fluidos mineralizantes, já que seccionam unidades de rochas deformadas, onde existe um forte contraste de competência, resultantes das diferenças litológicas ou dos processos de alteração. As zonas mineralizadas geralmente ocorrem na intersecção de duas zonas de fraturas, representando uma melhor preparação tectônica a possíveis mineralizações do que cada falha considerada isolada (Boyle, 1979; Loczy & Ladeira, 1987).

Na área, essas zonas formam o limite entre a Faixa Caldeirão e o Bloco de Uauá, deformando todas as litologias.

7.4.2- Modelo Litológico

Ao contrário das mineralizações ligadas às rochas graníticas, as concentrações associadas a rochas máficas-ultramáficas são encontradas no interior dos próprios corpos ígneos, sob a forma de inclusões e camadas. Os minerais que apresentam interesse econômico são os elementos nativos, óxidos e sulfetos, que se cristalizam mais ou menos contemporaneamente com a própria rocha (Maranhão, 1985). Portanto, essas mineralizações estão relacionadas ao tipo litológico presente, como por exemplo as mineralizações de cromita e de platina e os depósitos de níquel silicatado estão quase sempre ligados a peridotitos e serpentinitos. Já os de cobre-níquel geralmente associam-se a noritos enquanto os de ilmenita e coríndon estão quase sempre relacionados com anortositos.

7.5- Fusão dos Dados

7.5.1- Introdução

Na exploração mineral, os dados multidisciplinares tem sido integrados usando diversas aproximações com o objetivo de resolver os problemas geológicos. Dessas aproximações, o melhor método de integração era a aproximação manual de "*overlay*", cujo o produto final era mostrado como mapas. Além dessa técnica o SIG usa também operações lógicas e matemáticas. O resultado final é representado pela fusão, que gera mapas e relatórios, que servirão de base para a decisões. Somente no ambiente de SIG é possível realizar a fusão.

Antes de executar a fusão dos dados alguns conceitos tais como: categoria, áreas alvo preliminares, valores de peso e áreas alvos devem ser destacados, embora maiores detalhes encontrem-se em **Silva (1993)**.

A categoria, que pode ser dividida em níveis hierárquico, é classificada como geral ou específica. É geral quando não consideramos a localização geográfica, forma ou escala. Caso contrário, é específica.

As áreas alvos preliminares estão relacionadas a áreas que contém uma simultaneidade de categorias. Portanto, o número mínimo de categorias é definido para selecionar áreas alvos preliminares.

Os valores de peso representam os valores fixados para uma categoria ou categoria derivada de alguma operação matemática. Neste trabalho a potência de 2 ($2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^n$) foi fixada como peso para cada um dos elementos de interesse, para evitar ambiguidades. Isso significa que todas as possíveis combinações resultem em elementos com um número único (**Silva, 1995 - no prelo**).

As áreas alvos referem-se a porção particular das áreas alvos preliminares. Nesse estudo o valor máximo de peso encontrado para qualquer área alvo foi 15 pontos, que representa a soma de valores fixados para as anomalias magnéticas, espectrais e as litologia favoráveis.

7.5.2- Organização

A realização da fusão dos dados nesse trabalho teve como meta inicial uma seleção preliminar das áreas ou alvos, que posteriormente foram analisadas com mais detalhes, destacando-se:

- A definição de elementos de interesse de acordo com a decisão do modelo.
- Estabelecer os níveis de prioridade entre eles.
- Definir as funções do SIG.
- Formular cenários geológicos com as áreas máficas-ultramáficas, potenciais ou não a conterem mineralizações.

Os elementos de interesse são representados pelos dados espaciais mais importantes, típicas de terrenos máficos-ultramáficos, selecionados do banco de dados existente. São esses os elementos:

- anomalias magnéticas
- unidades litológicas
- feições estruturais
- feições espectrais

Após a seleção, eles foram cuidadosamente analisados e hierarquizados, pesos foram fixados de acordo com critérios geológicos estabelecidos (Tabela 7.1).

Categorias	Peso (W)
Anomalia Magnética	8
Litologias	4
Feições Estruturais	2
Feições Espectrais	1
Total	15

Tabela 7.1- Peso fixados para os elementos de interesse da área estudada

7.5.2.1- Seleção preliminar de áreas ou alvos

As áreas testes escolhidas foram:

- áreas com anomalias magnéticas
- áreas com litótipos favoráveis a mineralização
- feições estruturais
- áreas com feições espectrais

Áreas com anomalias magnéticas

Essas áreas incluem anomalias com alta suscetibilidade magnética, como pode ser visto no capítulo 06. A área de abrangência dessas regiões é de 165,43 km².

Áreas com os litótipos

Inicialmente, essas áreas foram definidas com base no mapa geológico existente, sendo estudada cada unidade litológica. Posteriormente com operações de "*overlay*" foi possível adicionar os dados para uma análise mais detalhada. A área de abrangência de cada unidade litológica presente no mapa geológico é mostrada na Tabela 7.2.

Feições estruturais

A interpretação das feições estruturais, representam aquelas confirmadas durante o trabalho de campo, mapa geológico e as extraídas das imagens Landsat-TM. O capítulo 05 apresenta interpretação dos dados de sensoriamento remoto. Essas feições estruturais são mostradas na Fig.5.6.

Áreas com feições espectrais

As feições espectrais (Fig.7.3) foram definidas a partir de Técnicas de Processamento Digital de Imagens, como mostra o capítulo 05. São feições que representam corpos máficos-ultramáficos não existentes no mapa geológico. Essas regiões estão localizadas tanto no Bloco de Uauá como na Faixa Caldeirão. A Tabela 7.3 mostra a área de abrangência dessas feições.

Localização: Uauá - Mapa Geológico	
Norte: 8954000 Este: 470000	
Sul: 8906000 Oeste: 424000 RES: 100m	
Litologias	Área (km ²)
Gnaisses, Migmatitos	535.11
Quartzito Ferruginoso	0.88
Quartzito	15.87
Gnaisses, Anfibolio-gnaiss	349.47
Metabasito	54.06
Ultrabasito	12.13
Dique de Diabásio e Gabro	0.98
Pegmatito	0.53
Mármore, Calcário	5.14
Calcofilito	3.76
Filito	10.61
Filito, Micaxisto com granada	28.91
Metagranodiorito	0.10
Cascalho	1.78
Areia	60.58
Anortosito	0.22

Tabela 7.2- Área de abrangência dos litótipos do Mapa Geológico da Região de Uauá

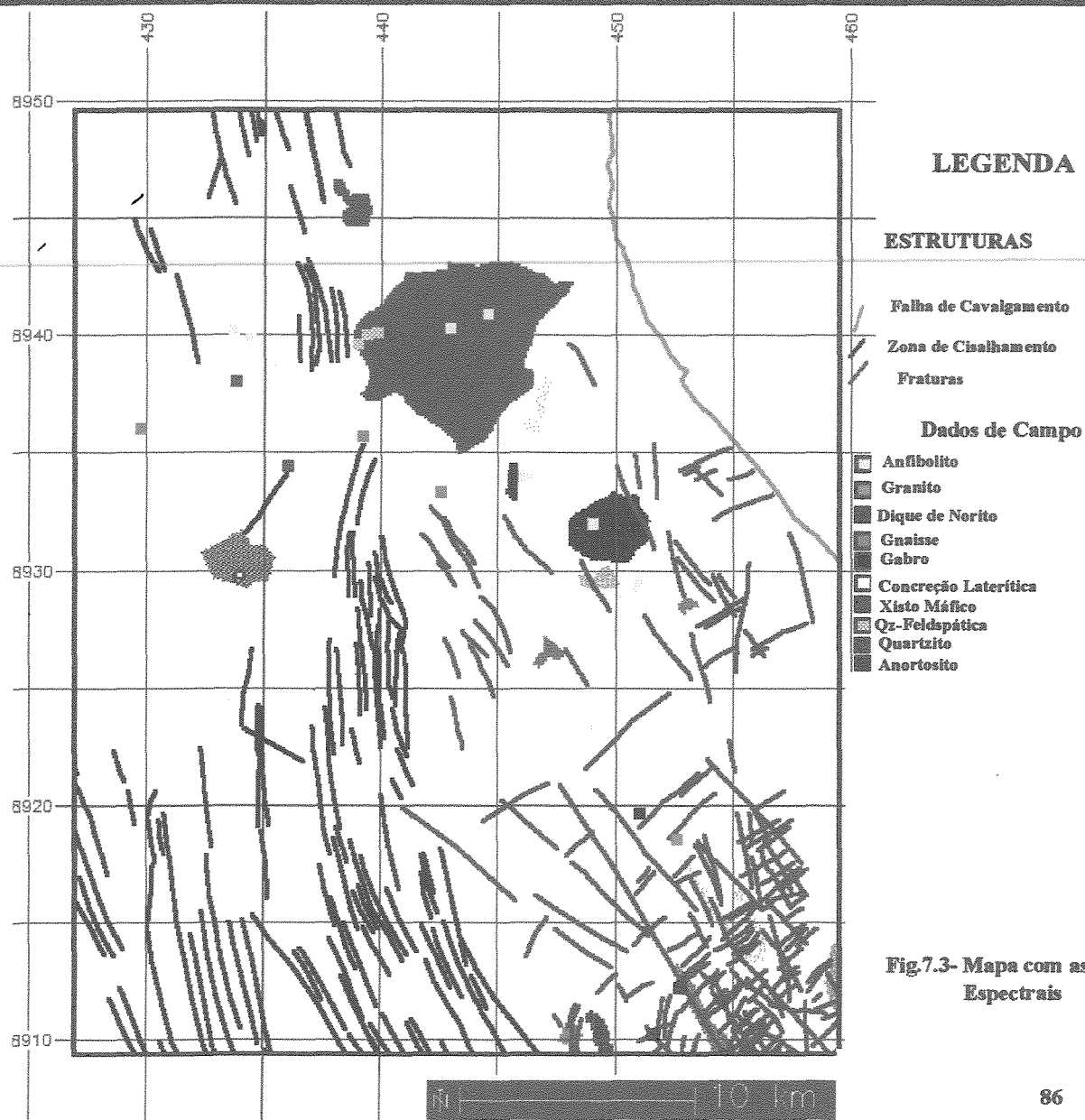


Fig.7.3- Mapa com as Feições Espectrais

Localização: Uauá (feições espectrais)	
Norte: 8948400 Este: 455100	
Sul: 8928800 Oeste: 433700 RES: 100 metros	
FEIÇÕES ESPECTRAIS	ÁREA (km²)
1S	36.26
2S	9.75
3S	2.02
4S	7.70
5S	4.88
6S	0.59
7S	1.13
8S	0.83
9S	1.14
10S	0.37
11S	2.48
12S	2.41
13S	5.76
14S	1.56
15S	0.59

Tabela 7.3- Área de abrangência das feições espectrais

7.5.2.2- Cenários com áreas máficas-ultramáficas potenciais ou não a mineralização

Como pode ser visto acima e no capítulo 05, novas regiões de rochas máficas-ultramáficas foram definidas. A questão é saber as suas potencialidades, já que a ausência de dados de ocorrência mineral e geoquímicos prejudicou bastante o desenvolvimento mais detalhado de cenários para modelamentos metalogenéticos, ficando portanto sugestões de possíveis regiões mineralizadas, que merecem investigações geológicas futuras. Portanto, foram estabelecidos cenários de acordo com a coincidência ou proximidades de no mínimo três elementos de interesse. Também foram considerados como cenários aquelas regiões potenciais conhecidas.

Cenário 1

A seleção das áreas alvos consistiu da presença de feições espectrais + anomalias magnéticas e litótipos máficos-ultramáficos. Operações de "*overlay*" envolvendo feições estruturais e dados de campo foram empreendidas. O mapa (Fig.7.4) contém as áreas de ocorrências dessas regiões, localizadas tanto

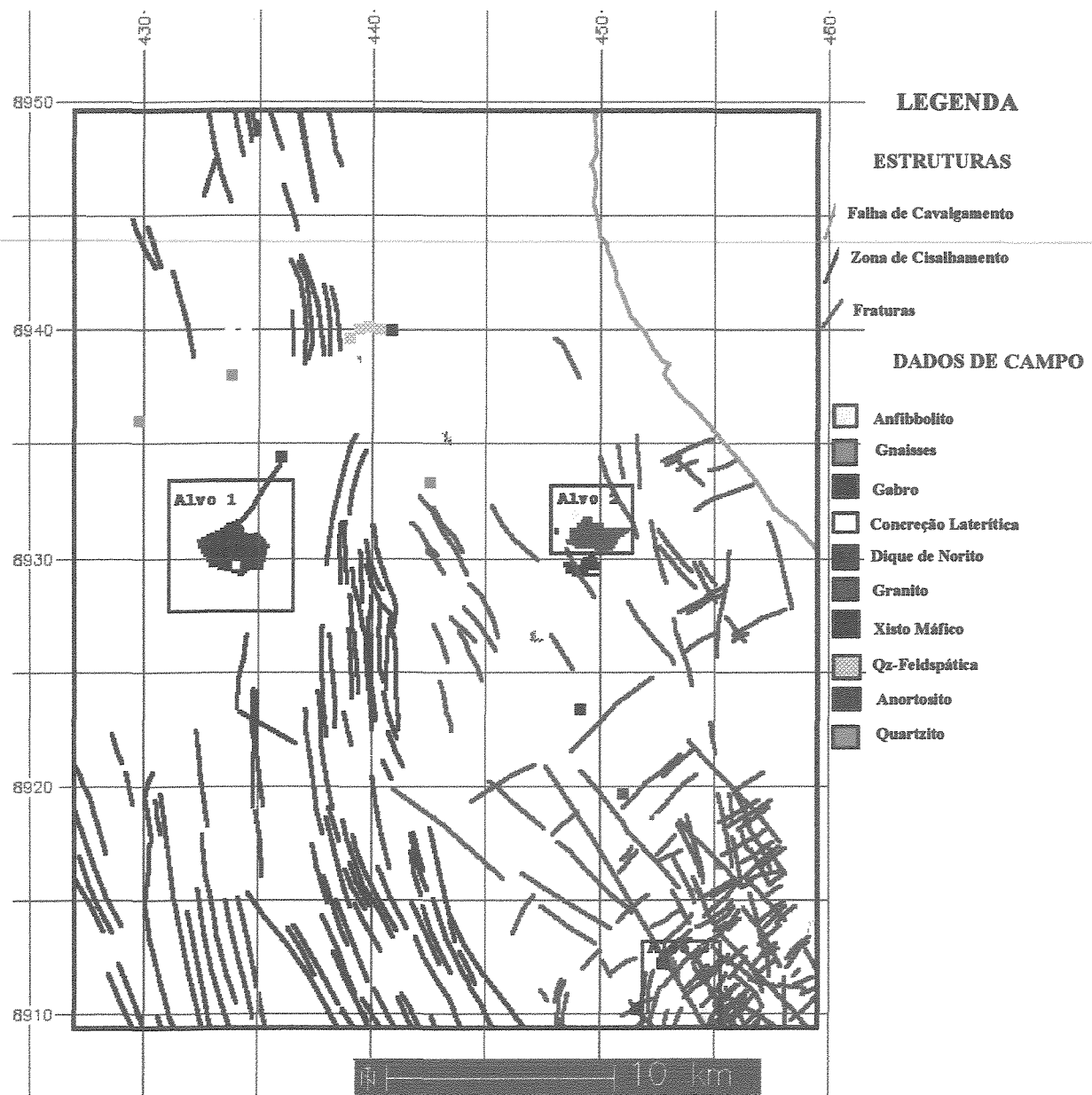


Fig.7.4- Mapa Fundido representando as áreas alvos na área estudada

na Faixa Caldeirão como no Bloco de Uauá. Anomalias magnéticas estão concentradas nessas áreas, refletindo as propriedades físicas das diferentes unidades litológicas.

Três áreas alvos foram selecionadas a partir da coincidência dos elementos de interesse. Somente áreas maiores que 1 km² foram consideradas em função da resolução espacial que foi definida. A tabela 7.4 mostra o resumo algébrico dos pesos máximos obtidos pela operação algébrica cumulativa nos alvos 1, 2, 3 e suas respectivas áreas.

Alvo 1

Esta localizado na parte oeste da Faixa Caldeirão e tem uma área de 4,48 km². Operações de "*overlay*" com os dados de campo e estruturas foram empreendidas. Este alvo está relacionado a uma rocha rica em ferro (pisólito) e há aproximadamente 2 km ocorre um quartzito ferruginoso. Há a presença de uma zona de cisalhamento nessa região.

Alvo 2

Tem uma área de 2,53 km² e está localizado na porção nordeste do Bloco de Uauá. Com base no mapa geológico existente, essa área não está relacionada a nenhum corpo máfico conhecido e sim a gnaisses e migmatitos. Dados de campo mostraram a existência de rochas anfibolíticas. As estruturas mapeadas estão relacionadas a falhas com a mesma direção da zona de cisalhamento.

Elemento de Interesse	Atributos Originais	Atributos em Potência de $2 (2^1 \dots + 2^n) = W$	$N = \log A / \log 2$	Área (km ²)
Anomalia Magnética	3	2^3	$0.9/0.3=3$	165.43
Litologia (L)	2	2^2	$0.6/0.3=2$	67.17
F. Estruturais (FE)	1	2^1	$0.3/0.3=1$	-
F. Espectrais (FP)	0	2^0	-	77.47
AM+L	$3+2=5$	$2^3 + 2^2$	$1.07/0.3=3.6$	232.6
AM + FE	$3+1=4$	$2^3 + 2^1$	$1/0.3=3.3$	165.43
AM + FP	$3+0=3$	$2^3 + 2^0$	$0.9/0.3$	242.9
L + FE	$2+1=3$	$2^2 + 2^1$	$0.7/0.3=2.3$	67.17
L + FP	$2+0=2$	$2^2 + 2^0$	$0.6/0.3=2$	144.64
FE + FP	$1+0=1$	$2^1 + 2^0$	$0.4/0.3=1.3$	77.47
AM + L + FE	$3+2+1$	$2^3+2^2+2^1$	$1.14/0.3=3.8$	232.6
AM + L + FP	$3+2+0$	$2^3+2^2+2^0$	$1.11/0.3=3.7$	310.07
L + FE + FP	$2+1+0$	$2^2+2^1+2^0$	$0.8/0.3=2.6$	144.64
AM + FE + FP	$3+1+0$	$2^3+2^1+2^0$	$1.04/0.3=3.4$	242.9
AM + FE + L + FP	$3+2+1+0$	$2^3+2^2+2^1+2^0$	$1.17/0.3=3.9$	310.07

Tabela 7.4- Resumo dos Pesos máximos obtidos pela operação algébrica cumulativa nos alvos 1,2,3 e suas respectivas áreas

Alvo 3

Está localizado a sudeste do Bloco de Uauá e apresenta uma área de 1,18 km². Com base em dados de campo, este corpo está relacionado a um dique de norito de direção NW. Esse dique encontra-se seccionado por várias fraturas de direção NE. Entretanto a coincidência de anomalias magnéticas, fraturas que podem permitir a circulação de fluidos, bem como a presença de uma rocha potencial a mineralização de sulfetos e minerais do grupo da platina, faz com que esse corpo seja sugerido para ser pesquisado com mais detalhes.

Cenário 2

Este cenário é representado por uma região já estudada (ver **Carvalho Filho et al. 1983**) e por tratar-se de uma região potencial, merece ser pesquisada com mais detalhe.

Trata-se de um complexo estratiforme anortositico-peridotítico, que foi pesquisado para cromita. Apresenta uma área de 48,03 km² e está localizado no limite da Faixa Caldeirão com o Bloco de Uauá, sendo delimitado por zonas de cisalhamento (Fig.7.5)

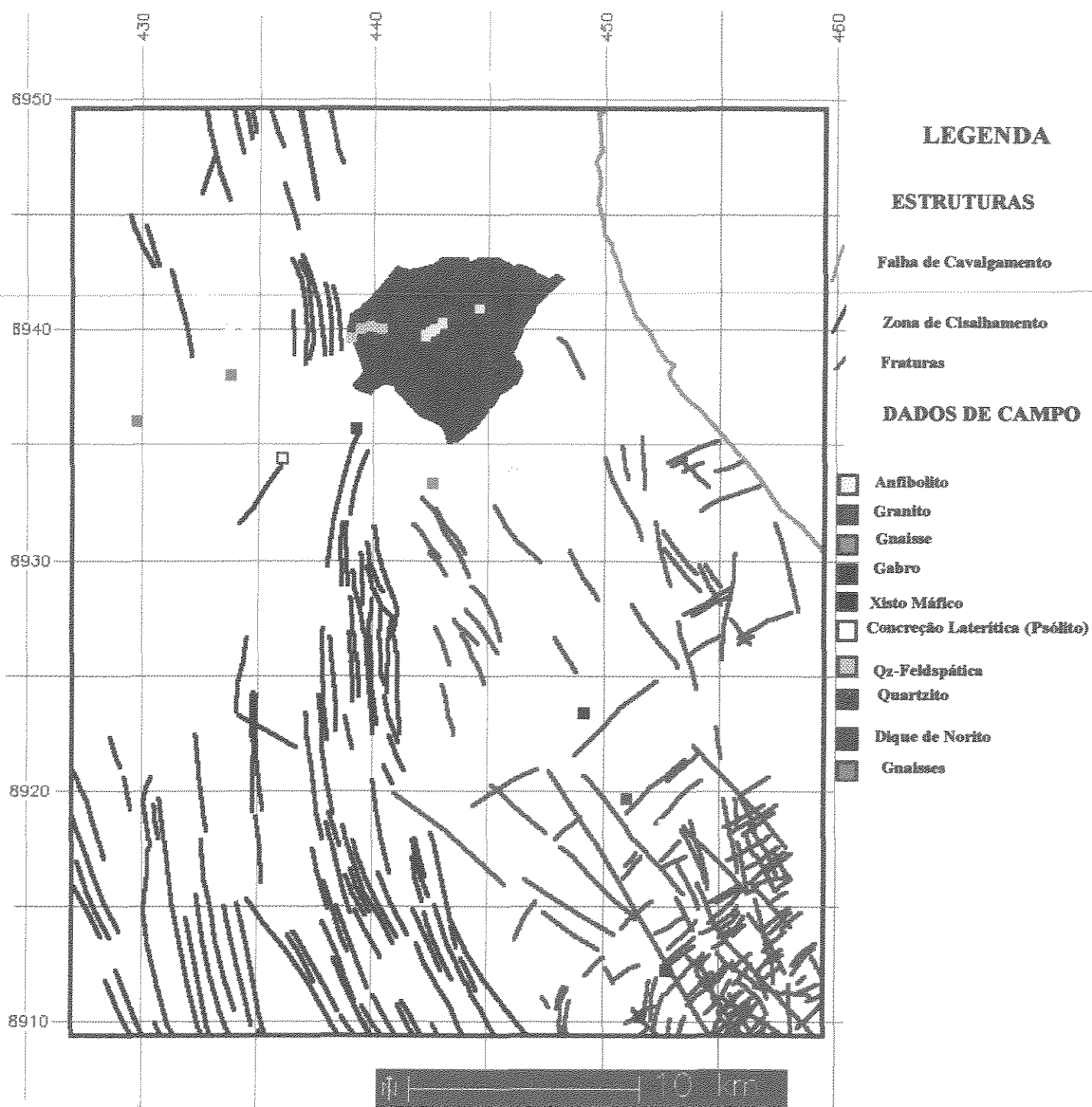


Fig.7.5- Complexo Estratiforme Anortositico-Peridotítico

8- Conclusões

Embora a ausência de dados de ocorrência mineral e geoquímicos tenha prejudicado o desenvolvimento mais detalhado da definição das regiões potenciais a mineralização, algumas conclusões devem ser destacadas:

- O Sistema de Informação Geo-Referenciada foi uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento do trabalho, já que tínhamos disponíveis uma grande quantidade de dados divididos em diferentes formatos (ASCII, binário e *raster*). A geração desses arquivos foi a partir da digitação manual e automática, leitura de fitas digital. Esses arquivos sofreram transformações que incluem interpolação, raster para vetor ou vice-versa e binário para raster. Tudo isso foi fundamental para adequar a base de dados ao Sistema Informação Geo-Referenciada. Com o SIG foi possível:

a- definir as unidades litológicas da região a partir de mapa geológico existente, dados magnéticos, radiométricos e sensoriamento remoto.

b- extrair informações estruturais e localizar as unidades definidas acima.

c- definir áreas máficas-ultramáficas favoráveis ou não a mineralização através da presença de anomalias magnéticas, litótipos favoráveis a mineralização, feições estruturais e feições espectrais, sendo possível portanto realizar a fusão dos dados que, a partir de então testar áreas de ocorrências de corpos máficos-ultramáficos.

d- Dois cenários foram definidos. O primeiro apresentou três alvos. O segundo cenário já

era uma região conhecida potencialmente e, portanto merece que futuras investigações geológicas sejam empreendidas.

e- As operações de "*overlay*" mostraram ser muito eficazes para a seleção das áreas alvos.

f- As unidades magnéticas caracterizaram algumas áreas de maior quantidade de minerais ferro-magnéticos refletindo a presença de terrenos máficos, constituindo um importante auxílio para o mapeamento geológico.

g- Com o processamento digital obteve-se boa identificação de feições, que posteriormente foram relacionadas a rochas máficas-ultramáficas.

h- A análise dos Principais Componentes não só definiu melhor a área de ocorrência do Complexo Anortosítico, como também uma melhor compartimentação tectônica da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS,M. Landsat-4 Thematic Mapper Simulator Data for a Porphyry Copper Deposit. *Photogrammetric Eng. and Remote Sensing*. V.50, 1984, p. 1171-1173

ALMEIDA,F.F.M. Evolução Tectônica do Centro-Oeste Brasileiro no Proterozóico Superior. *An. Acad. Bras. Ciên.*, 40. Rio de Janeiro. 1968, p.285-295.

ALMEIDA,F.F.M. O Cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo: SBG, 7(4), 1977, p.349-364.

ALMEIDA,F.F.M.; HASUI,Y.; BRITO NEVES,B.B.; FUCK,R.A. Brazilian Structural Provinces: An Introduction. *Earth Sci. Review* 7, 1981, p.1-29.

ALMEIDA,F.F.M. & HASUI,Y. Introdução. In: ALMEIDA,F.F.M. & HASUI,Y. (eds). *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, 1984, EDITORA EDGAR BLUCHER LTDA, p.1-5.

ANDRITZKY,G. Tectônica e Origem do Embasamento Cristalino da Área de Bendegó-Caracatá-Curudundum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22. 1968, Belo Horizonte, 1968, *Resumo das Comunicações*, p.1-5.

ANDRITSKY,G. *Mapeamento Geológico da Região de Caracatá*. Relatório N2. Missão Geológica Alemã - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). 1969. p.88.

ANDRITZKY,G. Baugeschichte des Pra-Bambui-Kristallins in Gebiet Caracata-Bendego, Distrikt Uauá, Nord-Bahia (Brasilien). *Geol. Rundschau*, 1971, 60:1050-1061.

ANTENUCCI,J.C.; BROWN,K.; CROSWELL,P.L.; KEVANY,M.J. *Geographic Information Systems: A GUIDE TO THE TECHNOLOGY*, VAN NOSTRAND REINHOLD - NEW YORK. 1991, p.301.

ARONOFF,S. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publications. 1989, p.291.

BARBOSA,O. Tectônica do Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21. Rio de Janeiro, 1966, Publ. N-1, *Anais...* p.68-72.

BARBOSA,O. *Geologia Econômica da Parte da Região do Médio São Francisco, Nordeste do Brasil*. MME, DNPM, 1970, 97p. (Boletim 140).

BATTEHAM,J.C.; BULLOCK,S.J.; HOPGOOD,D.N. Tanzania Integrated Aeromagnetic and Radiometric Maps for Mineral Exploration. *Trans. Inst. Min. Metall.* 1983, p.83-92.

BELLIENI,G.; PETRINI,R.; PICCIRILLO,E.M.; BRITO,C.M.; TEIXEIRA,W.;
COMIN-CHIAROMONTI,P.; MELFI,A.J.; DE MIN,A.; LEAL,L.R.B. Early and
Late Proterozoic Dyke Swarms from São Francisco Craton (Brazil): Petrology,
Geochemistry and Sr-Nd Isotopes. In: International Symposium on Mafic Dykes.
Extended Abstracts. São Paulo, 1991, p.60-65.

BIONDI, J.C. *Depósitos Minerais Metálicos de Filiação Magmática*. T.A. Queiroz
Editor, LTDA, 1986. p.602.

BOYD,R. & MATHIESEN,C.O. The Nickel Mineralization of the Rana Mafic
Intrusion, Nordland, Norway. *Canadian Mineralogist, Toronto: Mineralogical
Association of Canada*, vol.17, n. 2, May 1979, p.287-298.

BOYLE,R.W. The Geochemistry of Gold and its Deposits. *Survey of Canada Bull*,
1979, V.280, p.584.

BURROUGH,P.A. *Principles of Geographic Information Systems for Land
Resources Assessment*. 1986. 2 ed. New York, Oxford University Press, p.194.

BRUNI,M.A.L. *Texto Explicativo para a Carta Geológica do Brasil ao
Milionésimo (Folha Aracajú Sc. 24)*. 1976. Brasília. DNPM. p.227.

CAMPBELL,W.G & MORTENSON,D.C. Ensuring the Quality of Geographic
Information System Data. A Pratical Application of Quality Control.
Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1989, 55(11), p. 1613-
1618.

- CARVALHO FILHO,A.R.; FRAGOMENE,L.F.P.; LEAHY,G.A.S.; SENA FILHO,V. *Projeto Uauá; Relatório Integrado de Pesquisa, Região de Uauá, Bahia*. Salvador, 1983, Magnesita - Núcleo de Geologia da Bahia. Vol I e II.
- CAWTHORN,R.G. High-MgO Karroo Tholeiite and The Formation of Nickel-Copper Sulphide Mineralisation in the Insizwa Intrusion, Transkei. S. Afr. In: *Journal Science*, 76, 1980. p.467-471.
- CORDANI,U.G. & NEVES,B.B.B. The Geological Evolution of South America during the Archean and Proterozoic. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, SBG, Vol. 12, p.78-88. 1982.
- COSTA,L.A.M. & INDA,H.A.V. O Aulacógeno do Espinhaço. *Ciências da Terra* 2, vol.2, 1982, p.13-18.
- COWEN,D.J. GIS versus CAD versus DBMS: What are differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol.LIV, No. 11. 1988, p.1557-15564.
- CHAVEZ,P.S.Jr.; GUPTILL,S.C.; BOWELL,J. Image Processing Techniques for Thematic Mapper Data. In: *Proceedings*, 50th Annual ASP-ACSN Symposium, American Society of Photogrammetry, Washington, D.C. 1984, p.728-743.
- CHAVEZ,P.S.Jr. Extracting Spectral Contrast in Landsat Thematic Mapper Image Data Using Selective Principal Component Analysis. In: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 989, Vol.55, No.3, 1989, p.339-348.

CLARK,D.A. Comments on Magnetic Petrophysics: *Bulletin of Australian Society Exploration Geophysicists*, V.14, 1983, p.49-62.

CLARK,K.C. Advances in Geographical Information Systems. *Computer Environment and Urban Systems*, 1986, V.10, p.175-184.

CRIPPEN,R.E. Selection of Landsat TM Band and Band-Ratio Combinations to Maximize lithologic Information in Color Composite Displays. In: *Proceedings of the Seventh Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Canadá, 2, 1989, p.1-5

CRÓSTA,A.P. & MOORE,J.McM. Enhancement of Landsat Thematic Mapper Imagery for Residual Soil Mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: A Prospecting Case History in Greenstone Belt Terrain. *Proceedings of the 7th Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Canadá, 2, 1989, p. 1173-1187.

CRÓSTA,A.P. *Mapping of Residual Soils by Remote Sensing for Mineral Exploration in SW Minas Gerais State, Brazil. PhD Thesis*, Imperial College, University of London, 1990, p.452.

CRÓSTA,A.P. *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Campinas, SP: IG/UNICAMP. 1992, p.170.

CROWAN,D.R.; KANE,M.F.; MERGHELANI,H.; PITKIN,J.A. Regional Aeromagnetic/Radiometric Surveys: A Perspective. *First Break*, Vol.3, No.2, 1985, p.17-21.

D'AGRELLA FILHO,M. & PACCA,I.G. Paleomagnetism of Lower Proterozoic Mafic Dykes from Uauá Region - North of Bahia State. Brazil. In: International Symposium of Mafic Dykes, *Extended Abstracts*. 1991, p.76-80.

DEUS,P.B.; SILVA,L.J.H.D.; HASUI,Y.; SILVA,F.L.; MANDETTA,P.; OLIVEIRA,J.G.; FRANKE,N.D.; CARVALHO,P.R.; MORAES,J.A.C.; MIOLA,W.; VIANNA,J.S.; DUARTE,P.M.; QUEROZ,W.J.A. Caraíbas, Pedrinhas and Andorinhas Mines, Bahia State, Copper and Chrome in Archean and Early Proterozoic Rocks. In: International Symposium on Archean and Early Proterozoic Geologic Evolution and Metallogenesis. Salvador, Brazil. *Abstracts* - excursions. 1982, p.90-117.

DOBRIN,M.B. & SAVIT,C.H. *Introduction to Geophysical Prospecting*. Fourth Edition. 1986, p.867.

DRURY,S.A. *Remote Sensing of Geological Structure in Temperate Agricultural Terrains*. Geological Magazine, 1986, 123, p.113-121.

DRURY,S.A. *Image Interpretation in Geology*. Allen and Unwin. London. 1987. p.243.

DRURY,S.A. & WALKER,A.S.D. Display and Enhancement of Gridded Aeromagnetic Data of the Solway Basin. In: *International Journal Remote Sensing*. Vol.8, N.10, 1987, p.1433-1444.

DRURY,S.A. & WALKER,A.S.D. Integration of Geological, Geophysical and Remotely Sensed Data for the Solway Basin, England. In: *Proc. IGARRS Symp. Edirburgh Scotland*, 1988, p.1663-1666.

ELIASON,P.T.; DONOVAN,T.J.; CHAVES Jr,P.S. Integration of Geologic, Geochemical and Geophysical data of the Cementoil field, Oklahoma, using array processing. *Geophysics*. Vol 48 (10), 1983, p. 1305-1317.

FERREIRA,J.C.G. *Avaliação e Integração de Dados Landsat-TM, Geofísicos e Geológicos através de Técnicas de Processamento Digital de Imagens e Sistema de Informação Geográfica*. Dissertação de Mestrado. INPE. 1992. p.184.

FONSECA,V.P. *Geologia da Região do Rio Capim, Uauá - Bahia. Area I- Algodões*. Relatório de Graduação (UFRN), 1986, p.192 (Inédito).

GAAL,G.; TEIXEIRA,J.B.G.; SILVA,L.J.H.D.; SILVA,M.G. New U-Pb Data from Granitoids, Reflecting Early Proterozoic Crustal Evolution in Northeast Brazil. In: *International Symposium on Granites and Associated Mineralisations (ISGAM)*, Salvador, Bahia, Brasil, 1987. (Abstract não publicado).

GALVÃO,W.S. & MENESES,P.R. Comban: Uma Técnica de Seleção de Bandas para Dados Multiespectrais. In: Simpósio Latinoamericano Sobre Sensores Remotos, 2 SELPER 7. Simpósio Colombiano Sobre Sensoriamento Remoto, *Colóquio Internacional*, 3, 1987.

GALVÃO,W.S. *Avaliação de Técnicas de Seleção de Bandas Multiespectrais Visando à Discriminação de Rochas Carbonáticas. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos, INPE, 1988, p.286.

GAVA,A.; NASCIMENTO,D.A.; VIDGA,J.L.B.; GHIGNONE,J.I.; OLIVEIRA,E.P.; SANTIAGO FILHO,A.L.; TEIXEIRA,W. *Projeto RADAMBRASIL*. DNPM. Folha SC.24. Aracaju/Recife. 1983, 30:27-376.

GILLESPIE,A.R.; KAHLE,A.B.; WALKER,R.E. Color Enhancement of highly Correlated Imagens. Decorrelation and HSI Contrast Stretches. *Remote Sensing Environ*, 20. 1986, p.209-235.

GOODCHILD,M.F. Geographic Information Systems, in Undergraduate Geograph. A Contemporary Dilemma. *The Operational Geographer*, No. 8, 1985, p.34-38.

GUIMARÃES FILHO,H.A. *Metodologias Para Intercâmbio de Dados entre Programas de CADD, SGBD, PDI e SGI em Projetos de Exploração Mineral*. Dissertação de Mestrado UNICAMP. 1994, p.118.

GRESHAM,J.J, & LOFTUS-HILLS,G.D. The Geology of Kambalda Nickel Field, Western Australia. *Economic Geology*. El Paso (TX): Lancaster Press, Vol. 76, N.6, 1981, p.1373-1416.

HARRINGTON,S.E. Use of Landsat TM Data in Exploration for Ultramafic Rocks bodies in NW Ontario. In: Eighth *Thematic Conference on Geologic Remote Sensing*, 1991, p.1123.

HASSUI,Y. The Mantiqueira Provinve: Archean Structure and Proterozoic Evolution. *Revista Brasileira de Geociência*, 1982, 12, p.167-172.

HASSUI,Y & OLIVEIRA,M.A.F. Província Mantiqueira, Setor Central. IN: ALMEIDA,F.F.M & HASUi,Y. Coords. O Pré-Cambriano do Brasil. 1984. São Paulo. Editora Edgar Blucher, p.308-344.

HEUVELINK,G.B.M.; BURROUGH,P.A.; STEIN,A. Propagation Erros in Spatial Modelling with GIS. In: *International Journal of Geographical Information Systems*. 3(4), 1989, p.303-322.

HUNT,G.R.; SALISBURY,J.W.; LENHOFF,C.J. Visible and Near-Infrared Spectra of Minerals and Rocks. VI. Additional Silicates. *Modern. Geology*. 4, 1973, p.85-106.

HUNT,G.R.; SALISBURY,J.W.; LENHOFF,C.J. Visible and Near-Infrared Spectra of Minerals and Rocks. IX. Basic and Ultrabasic Igneous rocks. *Modern Geology*, 5, 1974, p.15-22.

HUNT,G.R. & ASHLEY,R.P. Spectral of Altered Rocks in the Visible and Near-Infrared. *Economic Geology*, 74. 1979, p.1613-1629.

HURSEY,M.C. Reflectance Spectral Response of an Ultramafic Intrusive in Landsat TM and Geophysical Environmental Research (GER) Airborne Scanner Data. In: *Seventh Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Alberta, Canada, October 2-6, 1989, p.459-469.

INDA,H.A.V. & BARBOSA,J.F. *Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia* - Escala 1:1.000.000, CPM/SME. 1978.

JORDAN,H. Die Minas-Gruppe in Nordost-Bahia, Brasilien. *Geologische Rundschau*, (62), 1972, p.441-449.

JORDAN,H. & BUSCH,K. *Mapa Geológico da Região de Uauá-Bendegó*. Escala 1:100.000. Bundesanstalt für Bodenforschung (Hannover, Germany) & SUDENE (Recife, Brazil). 1973.

KAHLE,A.B.; MADURA,D.P.; SOHA,J.M. Middle Infrared Multispectral Aircraft Scanner Data: Analysis for Geologic Applications. *Appl. Opt*, 19, 1980, p.2279-2290.

KAHLE,A.B & ROWAN,L.C. Evaluation of Multispectral Middle Infrared Imagens for Lithologic Mapping in the East Tintic Mountains, Utah. *Geology* 8, 1980, p.234-239.

KAHLE,A.B. & GOETZ,A.F.H. Mineralogic Information from a New Airborne Thermal Infrared Multispectral Scanner. *Science*, 222. 1983, p.24-27.

KILEEN,P.G. Gama Ray Spectrometric Methods in Uranium Exploration-Application and Interpretation. In: Hood, J.P., ed. *Geophysics and Geochemistry in the Search for Metallic Ores*. Ottawa, Geological Survey of Canada, (Economic Geology Report, 31). 1979. p.163-229.

KIMBELL,G.S.; BURLEY,A.J.; PARK,M.E.; PEASE,S.F.; BARTON,K.J. The Gravity Survey of the Molopo farms Area, Southern Botswana. Bull. 30. *Geol. Survey Dept. Botswana*, 1984.

KNAPP,Q. Spatial Data Integration. In: FREEMAN,H.; GOFFREDO,D, ed. *Mapa Data Processing New York, NY. Academic*. 1980. p.47-61.

LANTER,D.P. & VEREGIN,H. A Research Paradigm for Propagating Error in Layer - Based GIS. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1992. 58(6), p.825-833.

LEAL,L.R.B. & MENEZES,A.B. The Mafic Dike Swarm of Uauá Brazil): *Geological and Petrographical Aspects*. Bol. IGUSP. Publ. Esp., 1990, 10:49-53.

LEAL,L.R.B. *Geocronologia Rb-Sr e K-Ar. Evolução Isotópica e Implicações Tectônicas dos Enxames de Diques Máficos de Uauá e Vale do Rio Curaça, Bahia*. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Brazil. 1992. p.118.

LEBLANC,M. & VIOLETTE,J.F. Distribution of Aluminium-rich and Chromium rich Chromite Pods in Ophiolite Peridotites. *Economic Geology*. Vol.78, 1983, p.293-301.

LI,F.A.M. *Seleção de Atributos Aplicados a Imagens Multiespectrais*. São José dos Campos, 1982, INPE (INPE -2303 - TDL/072)

LOUGHLIN,W.P. Principal Component Analysis for Alteration Mapping. In: Proceedings of the Eight Thematic Conference on Geologic Remote Sensing. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Vol.57, No.9, 1991, p.1163-1169.

LOURIM,J.; LAWRENCE,P.; SINGHROY,V. Spectral Reflectance of Gabbroic Rocks from Canadian Terrain. In: *Seventh Thematic Conference on Remote Sensing for Exploration Geology*, Calgary, Alberta, Canada, October 2-6, 1989, 533-538.

LOCZY,L. & LADEIRA,E.A. *Geologia Estrutural e Introdução a Geotectônica*. Editora Edgard Blücher 1987 p.527.

LUNETTA,R.S.; CONGALTON,R.G.; FENSTERMAKER,L.K.; JENSER,J.R.; MCGWIRE,K.C.; TINNEY,L.R. Remote Sensing and Geographic Information System Data Integration: Error Sources and Research Issues. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 1991, 58(6), p.825-833.

- MARANHÃO,R.J.L. *Introdução à Pesquisa Mineral*. 3ed, Fortaleza, BNB. ETENE, 1985, p.796.
- MARES,S. *Introduction to Applied Geophysics*. D. Reidel Publishing Company, 1984, p.581.
- MARBLE,D.F. Geographic Information Systems: An Overview, Pecora 9, Proceedings: Spatial Information Technologies for Remote Sensing today and Tomorrow, Sioux Falls, SD, 18-24, reprinted in Willian J. Ripple (ed.) Geographic Information Systems for Resource Management: A Compenium Falls Church, VA. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping*, 1984, p.2-8.
- MASCARENHAS,J.F. Estruturas do Tipo "Greenstone Belt" no Leste da Bahia. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Textos Básicos*. Vol.2. 1979b. p.25-51.
- MASCARENHAS,J.F. & SÁ,J.H.S. Geological and Metallogenic Patterns in the Archean and Early Proterozoic of Bahia State, Eastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, SBG, Vol.12, 1982, p.193-214.
- MASCARENHAS,J.F.; PEDREIRA,A.J.; MISI,A.; MOTTA,A.C.; SÁ,J.H.S. Província São Francisco. In: ALMEIDA,F.F.M. & HASUI,Y. (eds.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. EDITORA EDGAR BLUSCHER LTDA. São Paulo. 1984, p.46-122.

MASCARENHAS,J.F.; BARBOSA,J.F.; CORDANI,U.G.; SATO,K. *Mapa Geocronológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Bahia. SME/SGM. 1986.

MASCARENHAS,J.F. & GARCIA,T.W. *Mapa Geocronológico do Estado da Bahia - Texto Explicativo*. SME/SGM. 1989. p.189.

MASHAK,S. & ALKMIM,F.F. Proterozoic Contraction Extension Tectonics of the Southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brazil. *Tectonics* 8, p.555-571. 1989.

MENEZES,A.B. & LEAL,L.R.B. Metamorphic Variation in the Mafic Dyke Swarms of Uauá-Ba, Brazil. International Symposium of Mafic Dykes. *Extended abstracts*. 1991, p.76-78.

MENEZES,A.B. *O Enxame de Diques de Uauá-Bahia: Caracterização Petroológica e Geoquímica*. Dissertação de Mestrado. USP. São Paulo. 1992, p.126 (Inédito).

MENEZES,A.B. & GIRARDI,V.A. Petrological and Geochemical Chracteristics of Mafic Dyke Swarms of Uauá-Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo, *Boletim de Resumos Expandidos*, São Paulo. V.1. p.496.

MISL,A.; SÁ,P.V.S.V.; LOBATO,L.M.; SOARES,A.C.P. Os Depósitos Minerais do Cráton São Francisco e seu Contexto Geotectônico. In: *O Cráton São Francisco*. 1993, p.187-215.

MCREATH,I.; SÁ,E.F.J.; FRYER,B.J. As Vulcânicas Ácidas Proterozóicas da Região da Bacia do Rio Paramirim, Bahia. In: INDA,H.A.V.; MARINHO,M.M.; DUARTE,F.B. (eds.) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Texto Básicos 4*. 1981, p.121-134.

NALDRETT,A.J. & TURNER,A.R. The Geology and Petrogenesis of a Greenstone Belt and Related Nickel Sulfide Mineralization at Yakabindie, Western Austrália. *Precambrian Research*, Amsterdam: Elsevier, Vol.5, N.1, 1977, p. 43-103.

NALDRETT,A.J. *Magmatic Sulfide Deposits*. Oxford University Press, Oxford, New York, 1989, p.196.

NEVES,B.B.B. *Regionalização Geotectônica do Precambriano Nordestino*. Tese de Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação. USP. Instituto de Geociências. São Paulo. 1975. p.198.

NEVES,B.B.B; KAWASHITA,K.; CORDANI,U.G.; DELHAL,J. A Evolução Geocronológica da Cordilheira do Espinhaço: Dados Novos e Integração. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, SBG, Vol.9, 1979, p.71-85.

NEVES,B.B.B.; CORDANI,U.G.; TORQUATO,J.R.F. Evolução Geocronológica do Pré-Cambriano do Estado da Bahia. In: INDA,H.A.V.& DUARTE,F.B. eds. *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Textos Básicos*. Salvador, SGM/CPM. V.3. 1980. p.1-107.

NEVES,B.B.B. & ALKMIN,F.F. Cráton: Evolução de um Conceito. In: *O Cráton São Francisco*. 1993 SBG/SGM/CNPq. p.1-10.

NIBLACK,W. *An Introduction to Digital Image Processing*. Prentice/Hall International London. 1987, p.215

NICOLAS,A. Structures of Ophiolites and Dynamics of Oceanic Lithosphere. *Dordrecht: Kluwer Academic Publishers*. 1989, p.367

OLIVEIRA,E.P. & MONTES,M.L. Os Enxames de Diques Máficos do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 33. 1984, Rio de Janeiro, *Anais...* SBG. V.9. p.4137-4154.

OLIVEIRA,E.P. Secular Variation in the Composition of Brazilian Mafic Dyke Swarms. Preliminary Results. Bol. *IG- USP. Sér. Cient*, 1989, 20, p.33-36.

OLIVEIRA,E.P. Trace Element Geochemistry and PGE Potential of noritic bodies from Uauá, Bahia, Brazil. In: *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*. 1990a, Vol.13. p.1-7.

OLIVEIRA,E.P. *Petrogenesis of Mafic-ultramafic Rocks from Precambrian Curaça Terrane, Brazil. Reino Unido*, University of Leicester (PhD Thesis), 1990b, 287p.

OLIVEIRA,E.P. O Complexo Estratiforme de Lagoa da Vaca. Uma Expressiva Intrusão Peridotítica-Anortosítica no Bloco Arqueano de Uauá, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992a, São Paulo, 1992a, *Boletim...* São Paulo, SBG, Vol.1. p.475.

OLIVEIRA,E.P. Intrusões Noríticas do Bloco Arqueano de Uauá, Bahia: Resultados Preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992b, São Paulo, *Boletim ...* São Paulo. 1992b. *Boletim...* São Paulo, Vol.1, p.497.

OLIVEIRA,E.P. & KNAUER,L.G. Corpos Máficos e Ultramáficos do Cráton São Francisco. In: O Cráton São Francisco. Salvador: SBG/SGM/CNPq. 1993. p. 119-133.

OLIVEIRA,E.P. Diques Tholeiíticos, Noríticos e Piroxenitos no Enxame de Uauá, Bahia: Evidências Geoquímicas de Heterogeneidade no Manto Proterozóico Inferior do Cráton São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOQUÍMICA, 4, Brasília. 1993, *Resumo Expandidos*. p.5-7.

PANAYIOTOU,A. Cu-Ni-Co-Fe Sulphide Mineralization, Limassol Forest, Cyprus. In: PANAYIOTOU, A. (ed). Ophiolites. *Proccedings International Ophiolites Symposium*, Cyprus, 1979. Republic of Cyprus, Geological Survey Department, 1980. p.102-116.

PARADELLA, W.R. *Discriminação de Unidades Litológicas no Baixo Vale do Rio Curaçá (Bahia), Através de Realces por Processamento Digital de Dados MSS-Landsat-3*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). 1983, p.237.

PARK, H.D. What is a Geographic Information Systems? GIS'87. San Francisco Falls Church, *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping*, 1987, p.72-80.

PATERSON, N.R. & REEVES, C.V. Applications of Gravity and Magnetic Surveys the State-of-the-art in 1985. *Geophysics*, Vol.50. No.12, 1985, p.2558-2593.

PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; OJEDA, H.O.Y.; FÚLFARO, V.J.; POÇANO, W.L. Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfico. *Revista Brasileira de Geociências*. 1986. São Paulo SBG, Vol.16. p.370-415.

PEUCKER, T.K. & CHRISMAN, N. Cartographic Data Structures. *The American Cartography*, 2, 1975, p.55.

PONTUAL, A. Application of Landsat Thematic Mapper imagery for Lithological Mapping of Poorly Accessible Semi-Arid Regions. In: *Proc. Thematic. Conf. 6th, Remote Sensing for Exploration Geology* (Huston, Texas). 1988.

REEVES, C.V. Airborne Geophysics for Geological Mapping and Regional Exploration. *ITC Journal*, 1985, 3, p.147-161.

RIBEIRO,E.S.C.; LEITE,P.; FERRAZ,J.F. Geração de Imagens Raster de Dados Geofísicos pelo Método de Mínima Curvaturas. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 3, *Resumo Expandidos*, Rio de Janeiro, 1993. p.1013-1016.

RIBEIRO,E.S.C. *Análise Variográfica e Processamento Digital de Imagens Aplicados à Área da Suite Intrusiva de Itu (SP)*. Dissertação de Mestrado. IG/Unicamp. 1994. p.115.

RICHARDS,D.J. & WALRAVEN,F. Airborne Geophysics and ERTS Imagery. *Min. Sci. Eng.*, Vol.7, N.3, 1975, p.234-278.

RICHARDS,J.A. *Remote Sensing Digital Image Analysis and Introduction*. Berlim, spring-Verlag, 1986, p.281

ROBERTS,S.; FOSTER,R.P.; NESBITT,R.W. Mineralisation Associated with Early Precambrian Basic Magmatism. In: *Early Precambrian Basic Magmatism*. R. P. Hall and D.J. Hughes Edited, 1990. p.157-188.

ROLIM,S.B.A.; PARADELLA,W.R.; VASCONCELOS, R.M.; AZEVEDO,M.L.V. Metodologia para a Geração de Imagens Geofísica: Uma Contribuição à Integração de Dados na Pesquisa Geológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. *Anais ...* p.315-322.

ROTHERY,D.A. Decorrelation Stretching and Related Techniques as an aid to Image Interpretation in Geology. In: *Proceedings of the 13th Annual Conference of the Remote Sensing Society*, University of Nottingham, September 7-11. 1987, p.194-203.

ROTHERY,D.A. Improved Discrimination of Rocks Units Using Landsat Thematic Mapper Imagery of the Oman Ophiolite. *Journal Geology Society London*, 144, 1987a, p.587-597.

ROTHERY,D.A. Decorrelation Stretching as an Aid to Image Interpretation. *Inter. J. Remote Sensing*, 8, 1987b, p.1253-1254.

ROTHERY,D.A. & HUNT,G.A. A Simple Way to Perform Decorrelation Stretching and Related Techniques on Menu-Driven Image Processing Systems. *International Journal Remote Sensing*. Vol.11, No.1, 1990, p.133-137.

SÁ,E.F.J.; LEGRAND,J.M.; HACKSPACHER,P.C. Contraste de Estilos Estruturais e Metamórficos na Faixa Dobrada Sergipana. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, São Paulo, 11(2), 1981, p.128-137.

SÁ,E.F.J. A Chapada Diamantina e a Faixa Santo Onofre: Um exemplo de Tectônica Intraplaca no Proterozóico Médio do Cráton São Francisco. In: INDA,H.A.V.; MARINHO,M.M.; DUARTE,F.B. (eds.). *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*. Textos Básicos 4, 1981, p:121-134.

SÁ,E.E.J.; SOUZA,Z.S.; FONSECA,V.P.; LEGRAND,J.M.; Relações entre "Greestone Belts" e Terrenos de Alto Grau: o caso da faixa Rio Capim, NE da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, SBG, 1984, Vol.6, p.2615-2629.

SABINS,F.F. *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. Freeman Publ. 1978, p.449.

SANTOS,R.A. & DALTON DE SOUZA,J. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais*. Folha SC.24-Y-D, Serrinha. Escala 1:250.000. Salvador. CPRM, 1983. Vol.1.

SEIXAS,R.M. *Projeto Metalogenético e de Previsão de Recursos Minerais; Carta de Previsão para Planejamento de Ações Governamentais*. Escala 1:250.000 (Folha SC. 24-V-D Uauá). Brasília. DNPM. 1985.

SIAL,A.N.; OLIVEIRA,E.P.; CHOUDHURI,A. Mafic Dyke Swarms of Brazil. In: H.C. HALLS & W.F. FAHRIG (eds) *Mafic Dyke Swarms. Geological Association of Canada*, Spec. Paper 34, 1987, p.467-481.

SILVA FILHO,M.A. A Evolução da Porção Marginal do Cinturão Sergipana e sua Metalogenia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. *Anais...* Salvador. SBG. 1982, Vol.1. p.316-324.

SILVA,A.B. *Remotely Sensed, Geophysical and Geochemical data As Aids to Mineral Exploration in Bahia State, Brazil*. Tese de Doutorado. Department of Earth Sciences The Open University, 1991, p.176.

SILVA,A.B. Mineral Exploration in Northeastern Brazil: A Data Fusion Approach and a GIS Strategy. In: *Remote Sensing*, Pasedena, California, USA. 1993, p.55-66.

SILVA,A,B, Evitando Ambiguidades no Processamento de Informações Geo-Referenciadas. 1995. no prelo.

SILVA,M.G. Evidências Isotópicas e Geocronológicas de um fenômeno de crescimento crustal Transamazônico no Cráton São Francisco, Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, 1992, São Paulo, *Resumo Expandidos*. Vol.2, p.181-182.

SOHA,J.M. & SCHWARTZ,A.A. Multispectral Histograms Normalization and Contrast Enhancement. In: Proc. *Can. Symp. Remote Sensing, 5th, (Victoria, B.C.)*, 1978, p.86-93.

SUMMER,J.S. Crustal Geology of Arizona as Interpreted from Magnetic, Gravity, and Geologic Data. In: W.J. ed., *the utility of regional gravity and magnetic anomaly maps*: Tulsa, Okla, *Society of Exploration Geophysicists*. 1985, p.164-180.

SCHOBENHAUS,C.F. & KAUL,P.F.T. Contribuição a Estratigrafia da Chapada Diamantina, Brasil Central. *Mineração e Metalurgia*, 53, 1971, p.116-170.

SCHOWENGERDT,R.A. Technics for Image. Processing and Classification in Remote Sensing. *Academic Press*, New York, 1983, p.242.

SHEFFIELD,C. Selecting Band Combination from Multispectral Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51, 1985, p.681-687.

STAR,J. & ESTES,J. *Geographic Information Systems: An Introduction*. PRENTICE HALL, Englewood cliffs. New Jersey. 1990, p. 303.

TAYLOR,M.M. Principal Components Colour Display of ERTS Imagery. Third Earth Resources Techonology Satellite-J. In: Symposium National Aeronautics and Space Administration Special Publication Sp-351. 1974, Vol.1, p.1877-1897.

TEIXEIRA,W. *A Evolução Geotectônica da Porção Meridional do Cráton São Francisco, Com Base em Interpretação Geocronológica*. PhD Thesis. Universidade de São Paulo, Brasil. 1985, p.207.

TEIXEIRA,W.; JORDT EVANGELISTA,H.; KAWASHITA,K.; TAYLOR,P.N. Complexo Granulítico de Acaiaca, MG: Idade, Petrogênese e Implicações Tectônicas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS,4. Belo Horizonte, 1987. *Anais...* Belo Horizonte. 1987, SBG. p:58-71.

TEIXEIRA,W. & FIGUEREDO,M.C.H. An Outline of Early Proterozoic Crustal Evolution in the São Francisco Cráton, Brazil. A review. *Precambrian Research*, 1991, 53:1-22.

TEIXEIRA,W. Avaliação do Acervo de Dados Geocronológicos e Isotópicos do Cráton do São Francisco. In: *O Cráton São Francisco*. 1993, SBG/SGM/CNPq. p.11-31.

TELFORD,W.N.; GELDART,L.P.; SHERIFF,R.E.; KEYS,D.A. *Applied Geophysics*. Press Syndicate of the University of Cambridge, 1992, p.860.

TODD,S.G.; KEITH,D.W.; LeROY,L.W.; SCHISSEL,D.J.; MANN,E.L.; IRVINE,T.N The J-M Platinum-Palladium Reef of the Stillwater Complex, Montana: I. Stratigraphy and Petrology. *Economic Geology*, 77. 1982, p.1454-1480.

THAPA,K. & BOSSLER,J. Accuracy of Spatial Data Used in Geographic Information Systems. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 1992, 58(6), p.835-841.

VASCONCELOS,R.M.; METELO,M.J.; MOTTA,A.C.; GOMES,G.D. *Geofísica para levantamentos geológicos*. Rio de Janeiro (no prelo). 1990

VON GRUENEWALDT,G.; SHARPE,M.R.; HATTON,C.J. The Bushveld Complex: Introduction and Review. *Economic Geology*, 80, 1985, p.803-812.

WALSH,S.J.; LIGHTFOOT,D.R.; BUTLER,D.R. Recognition and Assessment of Error in Geographic Information Systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 10 (53). 1987. p. 1423-1430.

WILSON,A.H. The Geology of the Great "Dyke", Zimbabwe: The Ultramafic rocks. In: *Journal Petrology*, 23, 1982, p.240-292.

WINGE,M. & DANNI,C.M. Compartimentos Geotectônicos Pré-Brasilianos entre Caratacá e Bendegó, Município de Uauá-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Comboriú. 1980, *Anais...* Comboriú, SBG. V.5, p.2785-2795.

WINGE,M.A. *A Sequência Vulcano-Sedimentar do Grupo Rio Capim; Caracterização Geológica e Modelo Metalogenético*. (Tese de Mestrado-Departamento de Geociências. Universidade de Brasília). Brasília, UnB. 1981, 120p. il. 2 mapas anexos.

WINGE,M.A. *A Sequência Vulcano-Sedimentar do Grupo Capim-Bahia. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*. Textos Básicos. 1984a, 5:43-103.

WINGE,M.A. Observações sobre a organização estrutural do Grupo Capim-Ba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33. Rio de Janeiro. 1984b. *Anais...* Rio de Janeiro. SBG. vol.6. p.2630-2646.

ZHOU,Q. A Method for Integration Remote Sensing and Geographic Information Sytems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1989. 55(5). p. 391-396.
