

1. Classificação <i>INPE-COM.1/TPT</i> <i>C.D.U.: 551.621.38SR:629.783:525</i>	2. Período	4. Critério de Distribuição: interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chave (selecionadas pelo autor)		
5. Relatório nº <i>INPE-790/TPT/018</i>	6. Data <i>Dezembro 1975</i>	7. Revisado por - <i>Gilberto Amaral</i>
8. Título e Sub-Título <i>INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DO ALTO E MÉDIO SÃO FRANCISCO BASEADA NAS IMAGENS MSS DO ERTS-1</i>		9. Autorizado por - <i>Fernando de Mendonça</i> <i>Diretor</i>
10. Setor <i>CRT/RECFI</i>	Código <i>4.02.2</i>	11. Nº de cópias <i>50</i>
12. Autoria <i>Clóvis Carlos Carraro</i> <i>Liu Chan Chiang</i> <i>Sérgio Kunio Yamagata</i>		14. Nº de páginas <i>122</i>
13. Assinatura Responsável	<i>Liu Chan Chiang</i>	
16. Sumário/Notas <i>É pesquisado o uso de imagens produzidas pelo imageador multiespectral (MSS) do primeiro SATÉLITE DE TECNOLOGIA DOS RECURSOS DA TERRA (ERTS-1) ao mapeamento geológico da Região do Alto e Médio São Francisco. Na análise das imagens foram usadas técnicas convencionais de foto-interpretção com análise de padrão de drenagem, feições do relevo, tons de cinza, feições geomórficas características, vegetação e uso da terra. A análise dos elementos, associada à continuidade geomórfica, originou as unidades de interpretação, posteriormente correlacionadas com unidades estratigráficas de mapeamento convencional de superfície. As imagens provaram ser uma ferramenta efetiva no mapeamento geológico de reconhecimento.</i>		
17. Observações <i>Em cumprimento parcial dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Sensores Remotos e Aplicações.</i>		

Aprovada pela Banca Examinadora
em cumprimento dos requisitos exigidos
para a obtenção do Título de Mestre em
Sensores Remotos e Aplicações

Clóvis Carlos Carraro

Liu Chan Chiang

Sérgio Kunio Yamagata

Dr. Ricardo A.R. Palmeira

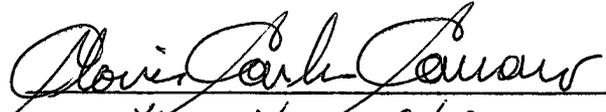
Dr. Gilberto Amaral

Dr. José Humberto de A. Sobral

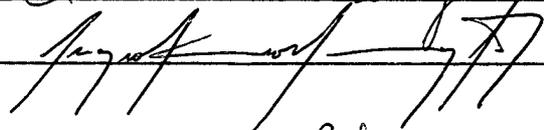
Dr. Aderbal Caetano Corrêa

Dr. Fernando Flávio de Almeida

Dr. Luiz Gylvan Meira Filho

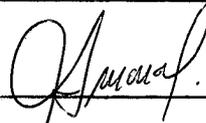




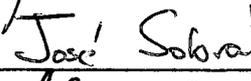


Ricardo A.R. Palmeira

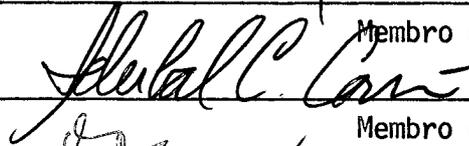
Presidente da Banca



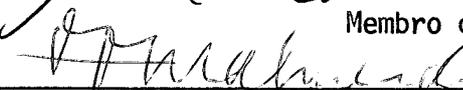
Orientador



Membro da Banca



Membro da Banca



convidado

"ex-officio"

São José dos Campos, 11 de junho de 1975

ÍNDICE

	Pag.
ABSTRACT	<i>vi</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>viii</i>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - O SISTEMA ERTS	13
CAPÍTULO III - MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO	23
CAPÍTULO IV - GEOLOGIA REGIONAL	35
4.1 - Esboço da Tectônica Regional	35
4.2 - Geologia da Região do Alto São Francisco	42
- Generalidades	42
- Descrição das litologias	45
- Interpretação geológica	47
- Descrição das unidades de interpretação	48
4.3 - Geologia do Planalto Central	50
- Generalidades	50
- Descrição das litologias	52
- Interpretação geológica	53
- Descrição das unidades de interpretação	54
4.4 - Geologia da Serra do Espinhaço	58
- Generalidades	58
- Descrição das litologias	59
- Interpretação geológica	60
- Descrição das unidades de interpretação	61
4.5 - Geologia do Médio São Francisco	62
- Generalidades	62
- Descrição das litologias	63
- Interpretação geológica	64
- Descrição das unidades de interpretação	65

	Pag.
4.6 - Geologia da Bacia do Maranhão	67
- Generalidades	67
- Descrição das litologias	69
- Interpretação geológica	70
- Descrição das unidades de interpretação	71
4.7 - Geologia da Bacia do Paraná	74
- Generalidades	74
- Descrição das litologias	76
- Interpretação geológica	79
- Descrição das unidades de interpretação	79
4.8 - Geologia da Bacia Sanfranciscana	80
- Generalidades	80
- Descrição das litologias	82
- Interpretação geológica	83
- Descrição das unidades de interpretação	83
4.9 - Coberturas Detríticas Terciário-Quaternárias	84
4.10 - Estruturas Geológicas e Recursos Minerais	86
CAPÍTULO V - CONCLUSÕES	95
AGRADECIMENTOS	97
BIBLIOGRAFIA	99

*Nothing ever built
arose to touch the skies
unless some man dreamed
that it should,
some man believed
that it could,
and some man willed
that it must.*

Charles F. Kettering

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

ABSTRACT

This is an experiment to use the imagery produced by the MultiSpectral Scanner subsystem (MSS) of the first Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1) in the geological mapping of the region of the head-waters and middle course of the São Francisco river. The ERTS imagery was evaluated by conventional techniques of photogeological interpretation, analysing drainage patterns, landforms, tonality, characteristic features, vegetation and land use. From the analysis of such elements and the geomorphic continuity, a series of interpretative mapping units could be differentiated, and structural features could be identified. ERTS'MSS imagery is proving to be an effective remote sensing tool for regional geologic reconnaissance in Brazil.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
I.1 - Localização da área pesquisada	3
II.1 - Configuração do ERTS-1	13
II.2 - Projeção da órbita diurna do ERTS-1 no intervalo de 24 horas	15
II.3 - Regiões espectrais dos sensores RBV e MSS do ERTS-1	17
II.4 - Esquema de funcionamento do imageador MSS do ERTS-1	18
III.1 - Diagrama de fluxo de trabalho	22
III.2 - Índice das imagens ERTS utilizadas na interpretação	23
III.3 - Mosaico das imagens MSS do ERTS-1 no canal 5	26
III.4 - Mosaico das imagens MSS do ERTS-1 no canal 7	27
IV.1 - Esboço da tectônica da área pesquisada	39

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

LISTA DE TABELAS

	Pag.
I.1 - Altitude e Índices pluviométricos das principais cidades da região pesquisada	6
I.2 - Média de dias favoráveis ao sobrevôo na região da pesquisa ..	7
I.3 - Período de deposição e desnudação no Brasil Oriental	8
II.1 - Características orbitais do ERTS-1	14
III.1 - Relação das imagens MSS do ERTS-1 interpretadas - principais características	24
IV.1 - Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí	40
IV.2 - Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí	41
IV.3 - Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí	42
IV.4 - Divisão em Tectono-Grupos do Grupo Bambuí	42
IV.5 - Coluna estratigráfica na região do Planalto Central	49
IV.6 - Coluna estratigráfica na região da Serra do Espinhaço	57
IV.7 - Coluna estratigráfica na região do Médio São Francisco	61
IV.8 - Coluna estratigráfica na Bacia do Maranhão	66
IV.9 - Coluna estratigráfica na Bacia do Paraná	74
IV.10 - Coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana	79

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A tecnologia do Sensoriamento Remoto recebeu um grande desenvolvimento a partir de 1972 com o lançamento de satélites providos de dispositivos capazes de imagear a superfície da Terra. Os produtos resultantes são usados em ciências aplicadas ao conhecimento e conservação dos recursos naturais, sendo a Geologia um dos campos mais pesquisados.

Esta é uma pesquisa para demonstrar a validade do uso das imagens obtidas pelo imageador multiespectral (MSS) do primeiro Satélite de Tecnologia dos Recursos da Terra (ERTS-1) para fins de mapeamento geológico regional.

A área teste escolhida, região do Alto e Médio São Francisco, abrange cerca de 800.000 Km² e cobre o oeste do Estado da Bahia, noroeste de Minas Gerais, sul do Maranhão e Piauí, leste de Goiás, norte de São Paulo e o Distrito Federal (Figura I.1).

A seleção da área foi baseada nos critérios:

- 1) existência de mapeamentos geológicos para comparação e assim determinar a utilidade potencial das imagens;

- 2) existência de imagens sem cobertura de nuvens na época do imageamento ou com menos de 5% de cobertura;
- 3) interesse econômico em determinar a distribuição das rochas do Grupo Bambuí e tectônica regional, com a finalidade de melhorar o conhecimento do padrão de ocorrência dos depósitos de minerais não ferrosos.

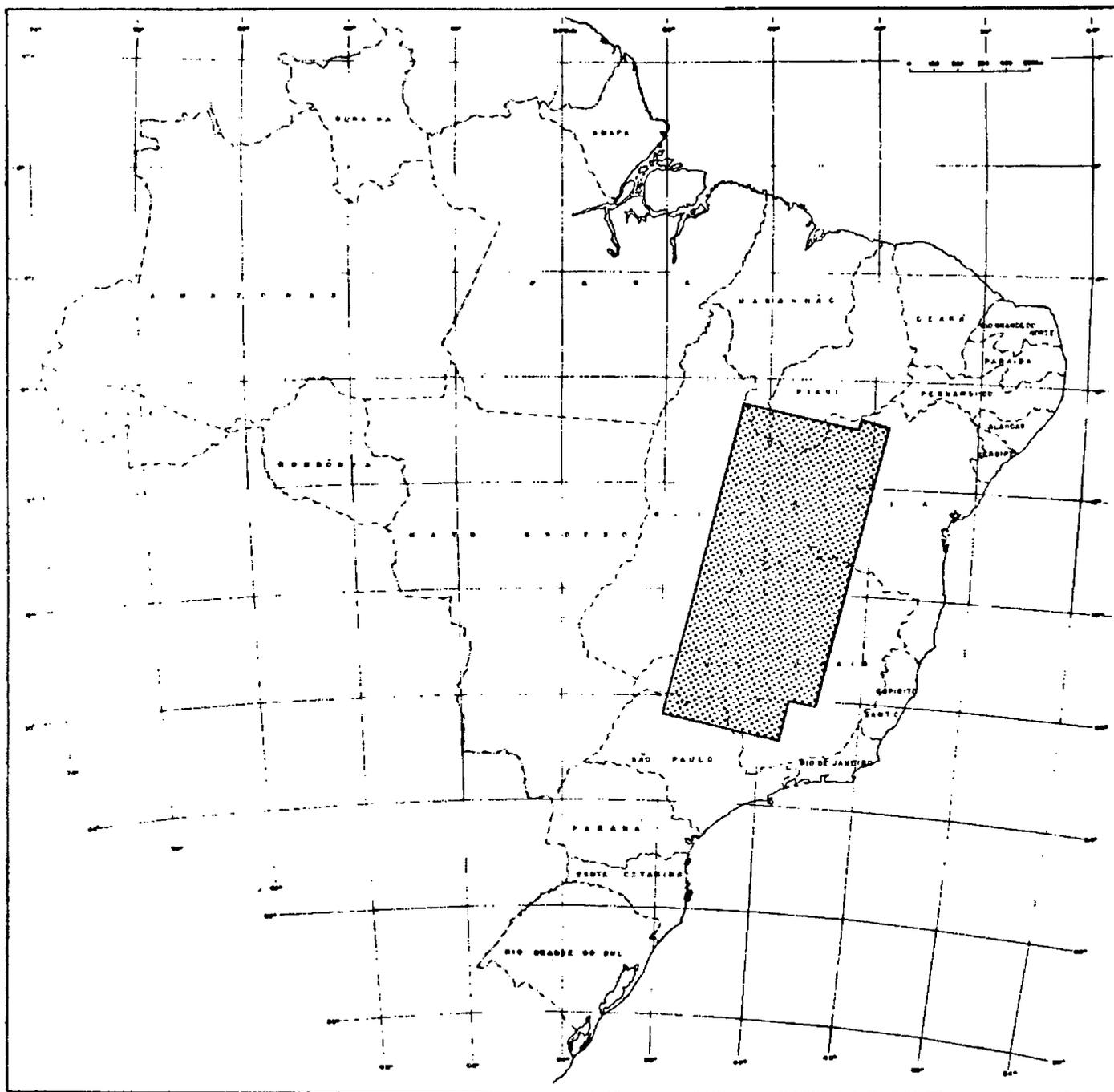


Fig. I.1 Localização da área pesquisada.

Hidrograficamente a área é representada pela bacia do rio São Francisco em seu curso médio e alto, e parte das bacias dos rios To cantins, Parnaíba, Paranaíba e Grande.

O rio São Francisco tem suas origens no Planalto Sul do Es tado de Minas Gerais, fluindo para Nordeste até Remanso, onde inflete para Leste até o Atlântico, num percurso total de 2900 Km. Seu curso é di vidido geograficamente em três secções:

- Alto Curso, das Cabeceiras até Pirapora;
- Médio Curso, de Pirapora até Juazeiro;
- Baixo Curso, de Juazeiro até a Foz.

Mapa de drenagem (Mapa 2) de toda a área foi desenhado a partir das imagens ERTS, com ênfase na área da Bacia Hidrográfica do São Francisco.

Dados de pluviometria das principais cidades da região fora m coletados de publicação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (1969) referentes ao período de 1912 a 1958 e do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (1972) referentes ao per íodo de 1941 a 1970. Além da precipitação pluviométrica média de to tais anuais, foi listada a de junho, julho, agosto e setembro corresponde ndo aos meses de tomada das imagens MSS-ERTS utilizadas na pesquisa (Tabe la I.1). A precipitação durante os meses de junho, julho e agosto é

mínima e as chuvas ocorrem de dezembro a fevereiro; de modo geral a pluviosidade diminui do Sul para o Norte, à medida que as médias de temperatura crescem.

Os dados de altitude foram coletados da Enciclopédia dos Municípios brasileiros e da Carta do Brasil ao milionésimo (IBGE , 1959 e 1972), listados também na Tabela I.1 .

TABELA I.1

Altitude e índices pluviométricos das principais cidades da região pesquisada.

Cidade	Altitude (m)	Média de totais Anuais (mm)	Junho (mm)	Julho (mm)	Agosto (mm)	Setembro (mm)
Remanso		400- 600	<10	<10	<10	<10
Pilão Arcado	358	600- 800	<10	<10	<10	<10
Xique-Xique	403	600- 800	<10	<10	<10	<10
Bom Jesus da Lapá	435	1800-1000	<10	<10	<10	10-25
Carinhanha		800-1000	<10	<10	<10	10-25
Januária	434	800-1000	<10	<10	<10	10-25
São Francisco	442	1000-1200	<10	<10	<10	10-25
Pirapora	472	1000-1200	<10	<10	<10	25-50
Três Marias	577	1000-1200	<10	<10	<10	25-50
Barra Mendes		400- 600	<10	<10	<10	<10
Brotas	1151	600- 800	<10	<10	<10	10-25
Oliveira dos Brejinhos	550	600- 800	<10	<10	<10	<10
Macaúbas		600- 800	<10	<10	<10	10-25
Caetité	826	800-1000	<10	10-25	<10	10-25
Monte Alto	600	600- 800	<10	<10	<10	<10
Grão Mogol	930	1200-1400	10-25	10-25	10-25	25-50
Montes Claros	655	1000-1200	<10	<10	<10	10-25
Diamantina	1262	1400-1600	10-25	--	10-25	25-50
Curvelo	632	1200-1400	<10	<10	--	--
Conceição de Mato Dentro		1600-1800	10-25	10-25	10-25	25-50
Belo Horizonte	835	--	<10	--	<10	--
Barreiras	435	1000-1200	<10	<10	<10	10-25
Taguatinga	700	1600-1800	<10	<10	<10	25-50
Paranã	285	1400-1600	<10	<10	<10	25-50
Correntina	579	1000-1200	<10	<10	<10	10-25
Formosa	917	1400-1500	<10	<10	--	25-50
Brasília	1000	1600-1800	<10	<10	--	25-50
João Pinheiro	800	1200-1400	<10	<10	<10	10-25
Catalão	842	1600-1800	<10	<10	--	25-50
Patos de Minas	858	1400-1600	<10	<10	--	<10
Votuporanga	511	1200-1300	30-50	8-15	15-30	40-50
São José do Rio Preto	468	1200-1300	30-50	8-15	15-30	40-50
Catanduva	583	1200-1300	15-30	8-15	15-30	40-50
Barretos	518	1300-1400	15-30	8-15	10-15	40-50
Jaboticabal	575	1300-1400	15-30	8-15	15-30	50-80
Ribeirão Preto	518	1400-1500	15-30	8-15	15-30	50-80
São Joaquim da Barra	620	1500-1700	15-30	8-15	10-15	40-50
Ituverava	606	1500-1700	15-30	8-15	10-15	40-50
Franca	997	1500-1700	15-30	8-15	10-15	40-50

Fonte: DNOCS, 1969; DAEESP, 1972 e IBGE, 1959 e 1972.

GIRARDI (1973) determinou, baseado em dados de satélites meteorológicos, as áreas e épocas mais favoráveis ao sobrevôo fotográfico. Para a região da pesquisa, coincidiu com os meses da tomada das imagens, junho, julho, agosto e setembro (Tabela I.2).

TABELA I.2

Média de dias favoráveis ao sobrevôo na região da pesquisa

MÊS	JAN	FEV	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
NÚMERO DE DIAS	2-5	3-6	4-8	8-9	9	7-11	4-9	9-15	7-9	6	4	4

Fonte: GIRARDI, 1973.

O fato das imagens apresentarem um mínimo de cobertura de nuvens vem reforçar os resultados obtidos naquela pesquisa.

A compartimentação geomorfológica da região pode ser sumariada em:

- 1) O Planalto Central
- 2) A Região Montanhosa do Sul
- 3) A Serra do Espinhaço
- 4) O Vale do São Francisco

O Planalto Central estende-se desde o Planalto de São Paulo e Paraná, em direção ao Norte até a borda da Bacia Amazônica. É caracterizado por um relevo regular de chapada com predominância de dois tipos essenciais (RUELLAN, 1956):

- 1) Superfície de aplainamento.
- 2) Planaltos sedimentares, formados de arenitos.

Os processos de formação do relevo brasileiro podem ser resumidos em duas séries que se alternam no tempo (Tabela I.3); a primeira compreende ciclos de desnudação e a segunda de agradação (KING, 1956); estão representados em maior ou menor extensão na área pesquisada.

TABELA I.3

Período de deposição e desnudação no Brasil Oriental.

PERÍODO	EVENTO
Recente	- Deposição de aluviões da Calha do São Francisco
Pleistoceno	- Desnudação Paraguaçu
Plioceno	- Deposição Barreiras e Vale do São Francisco
Terciário Sup.	- Erosão Velhas
Mioceno	- Deposição Arenosa
Terciário Inf.	- Desnudação
Cretáceo Sup.	- Deposição Urucuia e Bauru
Cretáceo Sup.	- Erosão Pós-Gondwana
Cretáceo Inf.	- Deposição Areado
Triássico	- Desnudação Gondwana
Triássico Sup.	- Deposição Botucatu
Triássico	- Desnudação
Paleozóico	- Deposição Gondwana
Eo-Paleozóico	- Desnudação

Fonte: KING, 1956.

As superfícies de aplainamento se sucedem em níveis que se sobrepõem ou se encaixam, desde a altitude de 360-380 m até 1350-1450 m na Chapada dos Veadeiros a Norte e Serra da Canastra ao Sul, passando por níveis particulares e de maior extensão como o de 1150-1250 m na região do Alto São Francisco. Estão protegidas por uma crosta laterítica denominada regionalmente de canga, que sustenta a superfície da retomada da erosão vertical.

O Planalto sedimentar é formado por arenitos Cretácicos a altitudes médias de 870 m.

Morros testemunhos ocorrem acima das superfícies de aplainamento, documentando ciclos anteriores. São tipo "inselberg", os mais altos a 1450 m na Chapada dos Veadeiros.

Para Leste o Planalto é substituído por um relevo ondulado resultante da erosão do calcário e de sedimentos clásticos do Grupo Bambuí. A erosão do calcário oferece relevo cárstico típico na faixa de afloramento, até a escarpa que delimita a sedimentação aluvionar da base do vale do São Francisco (CARDOSO, 1957).

A leste de Brasília originou-se um relevo tipo Apalachiano devido aos fortes dobramentos das rochas do Grupo Bambuí. Este conjunto, onde os quartzitos se intercalam em sedimentos menos resistentes, frequentemente consegue ultrapassar a cobertura sedimentar detrito-laterítica

e origina uma sequência de cristas paralelas na direção Norte-Noroeste; a erosão fluvial modela o relevo, restando o quartzito em posição proeminente.

A vegetação do Planalto Central é essencialmente de campos cerrados, em suas diversas variedades de cerradinho, campo sujo e cerrado; a mata galeria, à medida que se aproxima da Bacia Amazônica torna-se mais espessa, até coalescer em floresta tropical (AZEVEDO, 1966).

A Região Montanhosa do Sul serve de divisor das águas da Bacia do São Francisco na sua porção meridional. A geomorfologia é de mares de morros, planalto dissecado, no qual estão evidenciadas superfícies de erosão em diversos níveis, testemunhando os ciclos de desnudação.

A Serra do Espinhaço, a Leste, marca uma zona de soerguimentos intermitentes que se repetiram espaçadamente desde o Pré-Cambriano até o fim do Terciário. As serras de quartzito constituem cristas que se prolongam para Norte até as Serras do Estreito e Boqueirão.

Remanescentes de superfícies peneplanizadas podem ser encontradas em diversas altitudes sendo formados por sedimentos Terciário-Quaternários, presentemente recortadas pela erosão indicando rejuvenescimento.

Segundo RUELLAN (1956), "no fim do Terciário o soerguimento principal foi deslocado para Oeste, ao longo do alinhamento do Vale do São Francisco, onde, na crista de arqueamento, um típico vale de afundimento foi gerado". FREITAS (1951) já havia observado o fenômeno, interpretando a estrutura como do tipo fossa e muralha, ocupando o vale uma zona negativa e o Espinhaço a zona positiva.

As superfícies de aplainamento encontram-se nesse local em cotas bastante baixas. Sedimentos aluvionares recobrem extensas áreas impedindo a localização das falhas, sã evidenciadas pelas superfícies soerguidas inclinadas na direção do vale.

A vegetação no vale do São Francisco revela duas formações básicas (PENTEADO e RANZANI, 1973): cerrado, no curso médio-superior e caatinga, ao norte da cidade de São Francisco. Porém há uma variedade grande nos tipos de cerrado e caatinga, além de zonas de transição entre estas formações básicas.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO II

O SISTEMA ERTS

Um programa de pesquisas de Recursos Naturais foi iniciado pela NASA em 1966, com a participação de diversas entidades governamentais e universidades norte-americanas dedicadas à pesquisa.

Foi planejada uma série de seis satélites, denominados ERTS (Earth Resources Technology Satellite) A, B, C, D, E e F, atualmente designados LANDSAT, a serem lançados em março de 1972 até 1975. O primeiro satélite, ERTS-A, foi lançado a 23 de julho de 1972, recebendo a denominação ERTS-1; este satélite foi projetado com o propósito de testar a viabilidade de uso de câmaras de televisão e de imageador multiespectral no mapeamento de recursos naturais. A 22 de janeiro de 1975 foi lançado o ERTS-2 (LANDSAT-2), com os mesmos sensores do ERTS-1.

Em 1974 o Brasil iniciou o recebimento pela estação de Cuiabá (MT); o processamento deverá ser realizado no Centro de Processamento de Imagens e Fotografias de Cachoeira Paulista (SP).

ERTS é uma evolução do satélite meteorológico da série NIMBUS (Figura II.1).

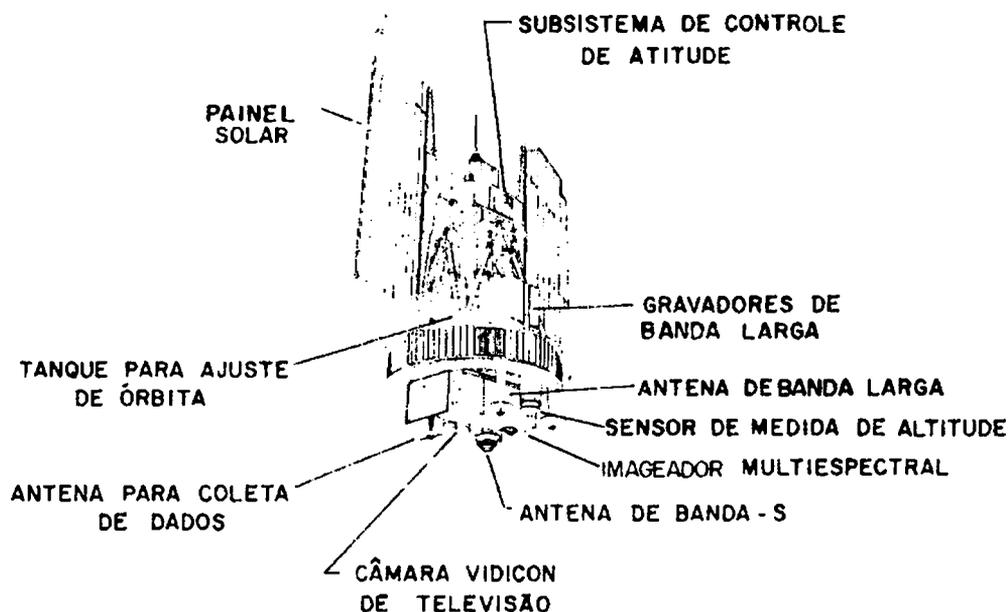


Fig. II.1 Configuração do ERTS-1.

Na Tabela II.1 estão especificadas as principais características da órbita do ERTS-1. A mais importante delas é ser síncrona com o sol no hemisfério iluminado, onde a órbita tem rumo 90° SW. Isto significa que a hora local ao longo da órbita diurna é constante; corresponde às 9h40m no Equador. Nessa hora o sol está a um ângulo de elevação pequeno dando um sombreamento que ressalta as formas de relevo. A sincronização assegura uma minimização dos efeitos da variação de iluminação solar; observações repetitivas são feitas na mesma hora, havendo somente variação de ângulo de elevação e azimute do sol devido à estação do ano.

TABELA II.1

Características orbitais do ERTS-1

Forma da órbita	- circular
Altitude	- 920 Km
Inclinação em relação ao Equador	- 99 ⁰
Direção	- retrógrada
Período	- 103,3 minutos
Velocidade em relação ao solo	- 6,45 Km/s
Progressão do traço do solo	- 25,8 ⁰ de longitude por órbita
Duração do ciclo	- 18 dias ou 251 revoluções
Propriedades especiais	- Síncrona com o sol

Fonte: STEINER, 1971.

Na Figura II.2 está esquematizada a órbita diurna no intervalo de 24 horas. A distância entre duas órbitas consecutivas é de 2870 Km no solo, correspondendo a 25,8⁰ de longitude. Este intervalo é imageado em 18 dias e no 19^o dia o satélite volta a imagear a área reiniciando o ciclo.

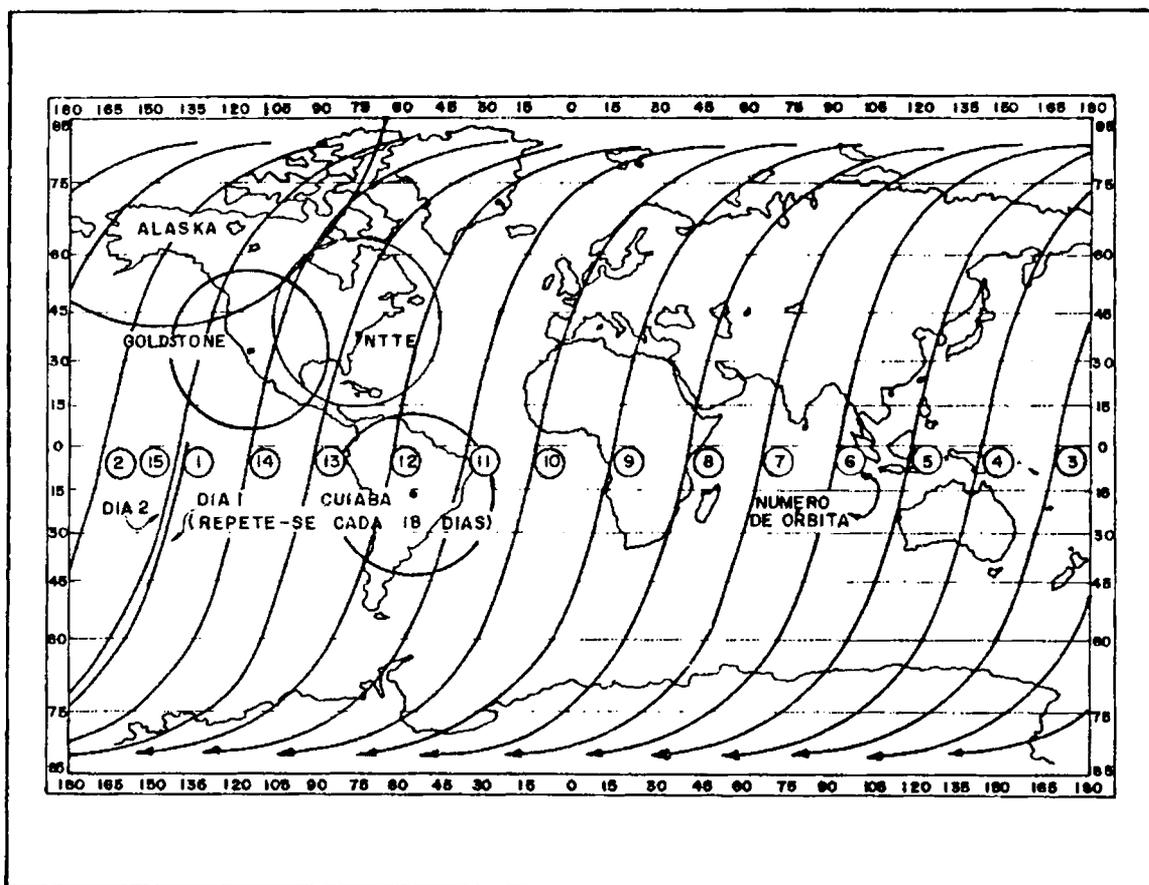


Fig. II.2 Projeção da órbita diurna do ERTS-1 no intervalo de 24 horas.

Havendo uma progressão de $1,43^{\circ}$ de longitude entre duas passagens vizinhas, equivalente a 159 Km no Equador, resulta uma sobreposição lateral das imagens que varia de 14% no Equador a mais de 90% nos polos. Nessa faixa de largura variável com a latitude, é possível a visão estereoscópica. Na área de estudo, a sobreposição varia de 16% na latitude de 10° S até 20% na latitude de 20° S.

Dois tipos de sensores atuam no ERTS: um conjunto de câmaras de televisão RBV (Return Beam Vidicon) e um imageador multiespectral MSS (MultiSpectral Scanner), cujas sensibilidades espectrais estão esquematizadas na Figura II.3.

O sistema RBV compõe-se de 3 câmaras de televisão com sensibilidade espectral:

- 1) canal verde - 475 a 575 nm;
- 2) canal vermelho - 580 a 680 nm;
- 3) canal infravermelho - 690 a 830 nm.

O MSS é sensível em quatro bandas espectrais:

- 4) canal verde-laranja - 500 a 600 nm;
- 5) canal laranja-vermelho - 600 a 700 nm;
- 6) canal vermelho-infravermelho - 700 a 800 nm;
- 7) canal infravermelho - 800 a 1100 nm.

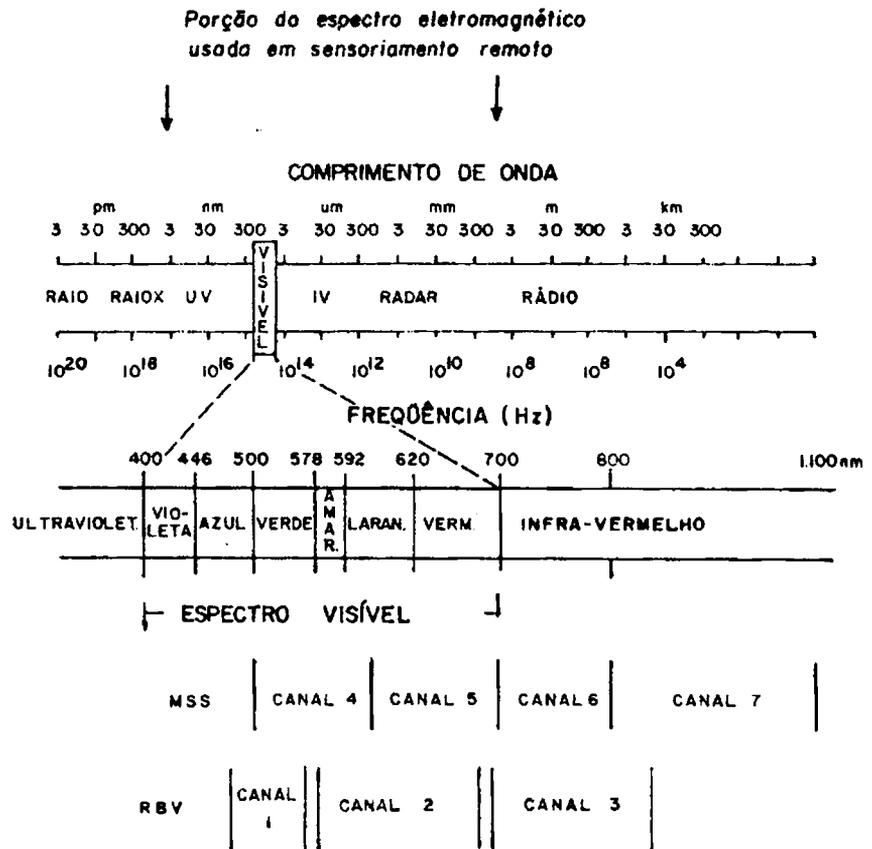


Fig.II.3 Regiões Espectrais dos sensores RBV e MSS do ERTS-1.

O imageador multiespectral MSS consta de um espelho oscilante que opera na frequência de 15,2hz e varre o terreno na direção perpendicular à do movimento do satélite (Figura II.4).

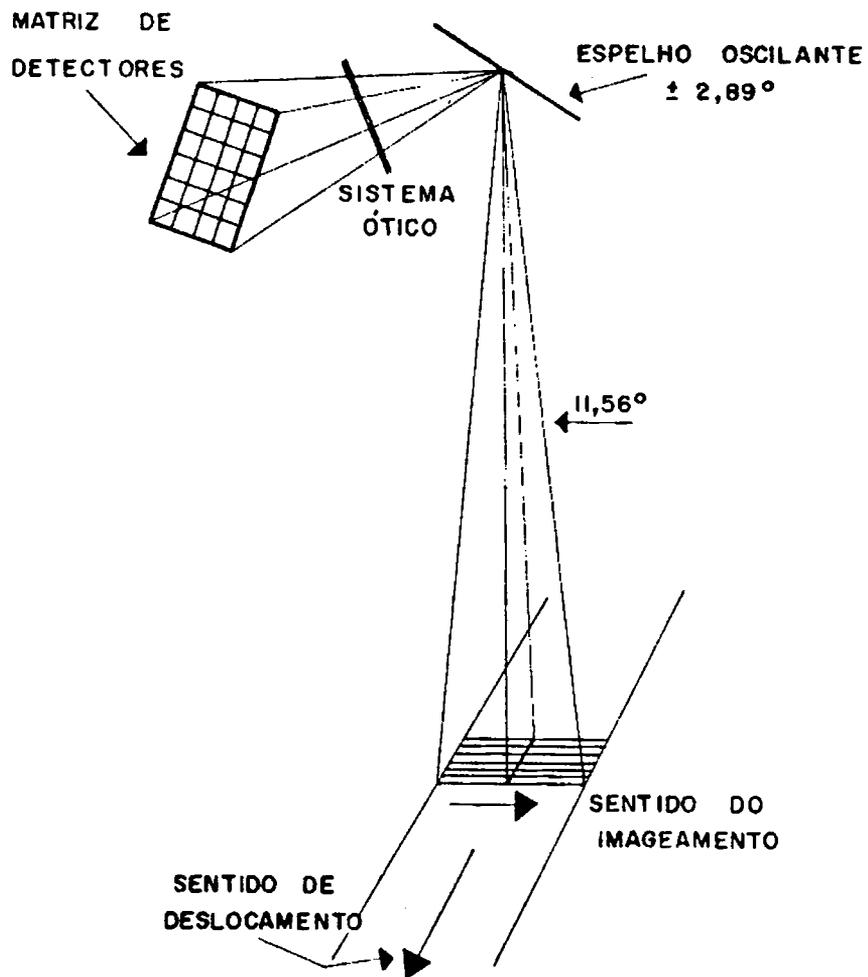


Fig. II.4 Esquema de funcionamento do imageador MSS do ERTS-1 .

A radiação eletromagnética refletida pelo objeto imageado é desviada pelo espelho oscilante através de um sistema ótico até o conjunto de 24 terminais sensores, seis para cada canal espectral. Em cada movimento Oeste-Leste são imageadas seis linhas; o deslocamento da espaçonave fornece a progressão para as linhas seguintes de uma forma contínua. A oscilação do espelho, $2,8^{\circ}$ do ponto central, nos dois sentidos, permite o imageamento de $11,55^{\circ}$, correspondendo no solo uma linha de 185 Km.

As saídas dos detectores são amostradas e codificadas em fluxo contínuo de 15 megabits por segundo.

Na fase de processamento os dados são transformados em imagens descontínuas com superposição de 10%; a imagem é processada na escala 1:3 369 000 em filme 70mm, no formato 55x55mm. Uma ampliação para a escala ao milionésimo tem uma resolução de cerca de 10 linhas por milímetro, aproximadamente igual à capacidade da vista humana.

Resolução é um critério fotográfico que avalia a qualidade da imagem pela mínima distância observável entre barras de um padrão. Determina a distância mínima entre duas fontes luminosas para que sejam distinguíveis como dois pontos; as estrelas duplas são um exemplo. Com um ângulo visual de 0,1 mrad a superfície imageada instantaneamente corresponde a um círculo com 79 m de diâmetro. A resolução de imagens MSS, calculada pelo critério fotográfico, varia de 224 m, para cópias de

alto contraste até 316 m para cópias de baixo contraste (COLVOCORESSES, 1972).

A resolução de um sistema não deve ser confundida com detectabilidade. Um objeto com alto brilho em contraste com a vizinhança, pode ser detectado pelo sistema mesmo que sua dimensão seja inferior à resolução. É o que ocorre com estradas e pontes, detectadas nas imagens ERTS apesar de terem largura inferior a 50 m. O contraste do objeto em relação ao campo é fator decisivo; observou-se que um objeto brilhante no campo escuro tem maior detectabilidade que um escuro em campo claro (ROSENBERG, 1971).

A imagem ERTS é uma projeção da superfície curva da Terra e a relação matemática entre esta projeção e a superfície de referência é conhecida e pode ser usada quando se deseja precisão. Uma imagem espacial pode ser transformada em qualquer projeção cartográfica desejada. O sistema de posicionamento e controle de altitude do satélite coleta dados que permitem uma correção dos defeitos resultantes na imagem.

Mesmo com sistema perfeito de imageamento, existem condições geométricas externas que limitam a precisão da imagem: curvatura da Terra, refração atmosférica, inclinação do imageador, efeito do relevo e projeção cartográfica. Uma combinação de todas as condições externas mais desfavoráveis provoca um deslocamento de 840 m para um ponto na periferia da imagem. Isto é altamente improvável de acontecer; estatisti

camente o erro provável é de ordem de 50 m. Este erro pode ser desconsiderado pelo usuário, desde que a imagem tenha sido obtida nas condições especificadas.

Sob o ponto de vista prático cada imagem pode ser considerada como um ortofotograma perfeito do qual se pode desenhar um mapa convencional.

CAPÍTULO III

MÉTODO DE INVESTIGAÇÃO

A interpretação geológica das imagens ERTS foi conduzida com técnica convencional de fotogeologia, esquematizada no diagrama de fluxo de trabalho (Figura III.1): a descrição das etapas, a seguir adapta o método para o uso de imagens ERTS.

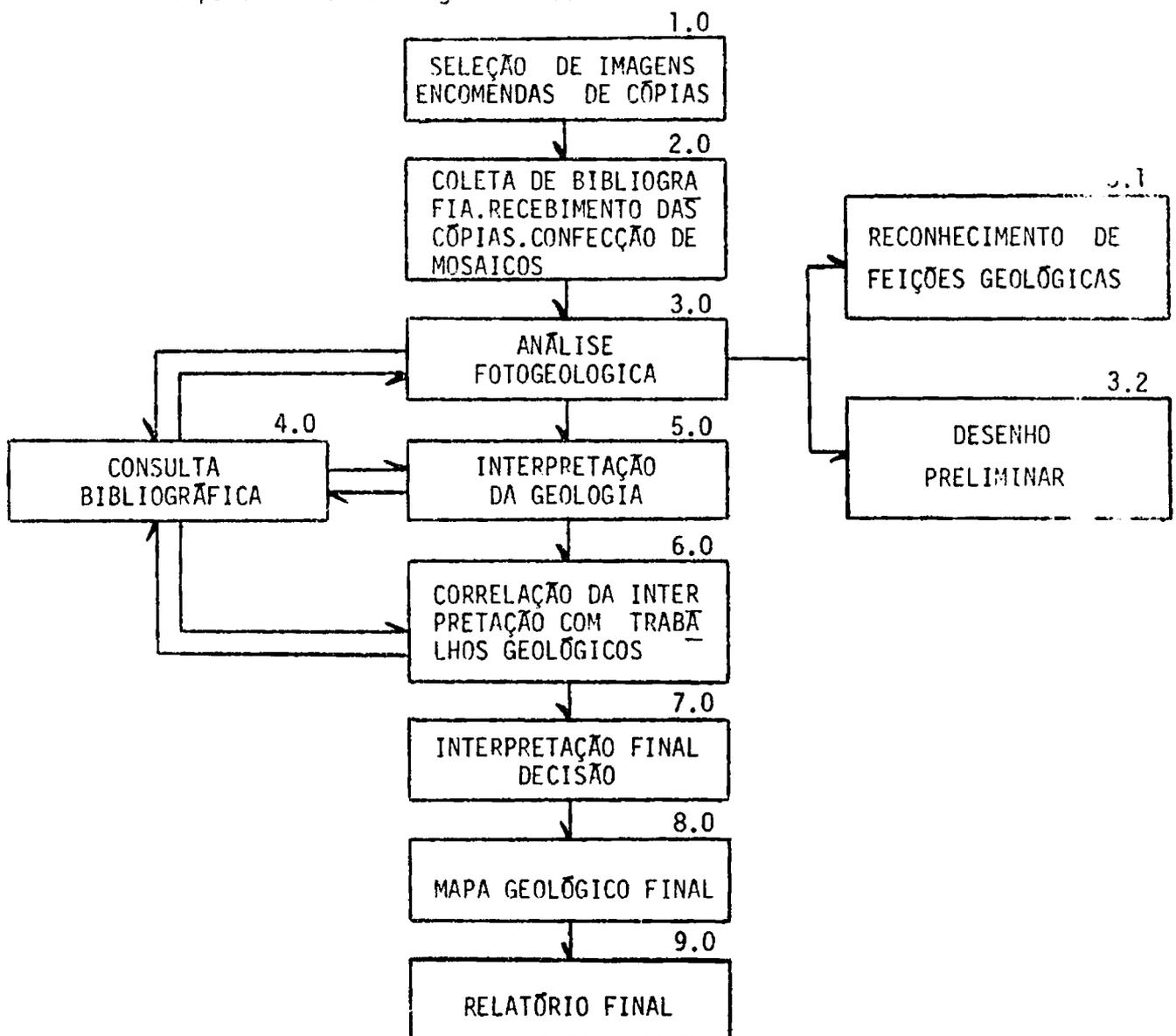


Fig. III.1 Diagrama de Fluxo de Trabalho

1.0 - A seleção das imagens usadas na pesquisa é feita pelo critério da mínima cobertura de nuvens e melhor contraste. Para esta pesquisa foi selecionada uma região correspondente a imagens de quatro órbitas adjacentes (Figura III.2), relacionadas na Tabela III.1. Observamos que os números de órbita e controle são aqueles utilizados no Banco de Dados do INPE. Pode-se observar que todas as imagens foram obtidas no período de junho a setembro, coincidindo com a época das secas na região; por esta razão a cobertura de nuvens foi insignificante, com menos de 2%.

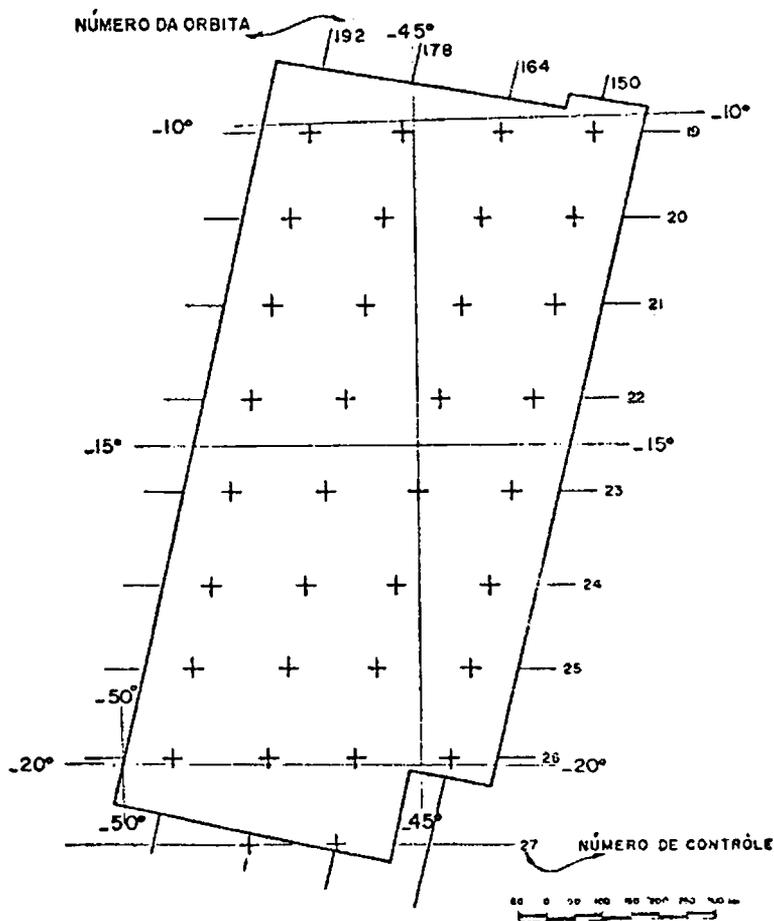


Fig. III.2 Índice das imagens ERTS utilizadas na interpretação

TABELA III.1

Relação das imagens MSS do ERTS-1 interpretadas - principais características

ORBITA	CONTROLE	DATA	REGISTRO D-direto R-gravado	ELEVAÇÃO DO SOL	AZIMUTE DO SOL	Nº DE ERTS	COORDENADAS DO CENTRO LATITUDE SUL	LONGITUDE OESTE
150	19	29/julho/73	D	43°	52°	1371-12240	09°57'	42°14'
	20	29/julho/73	D	41°	51°	1371-12242	11°24'	42°34'
	21	29/julho/73	D	40°	50°	1371-12245	12°50'	42°55'
	22	29/julho/73	G	39°	49°	1371-12251	14°16'	43°16'
	23	26/setembro/72	R	52°	70°	1065-12253	15°48'	43°23'
	23	29/julho/73	D	38°	49°	1371-12254	15°42'	43°36'
	24	29/julho/73	D	37°	48°	1371-12260	17°08'	43°57'
	24	16/agosto/73	P	41°	53°	1381-12255	17°12'	43°54'
	25	08/setembro/72	R	45°	59°	1047-12262	18°43'	44°10'
	25	23/julho/73	D	36°	47°	1371-12253	18°34'	44°19'
26	29/julho/73	D	35°	47°	1371-12265	20°01'	44°40'	
164	19	09/setembro/72	P	51°	66°	1048-12234	10°09'	43°30'
	19	22/setembro/73	D	54°	75°	1426-12204	10°05'	43°34'
	20	09/setembro/72	R	50°	66°	1048-12300	11°36'	43°51'
	20	22/setembro/73	D	53°	73°	1426-12231	11°32'	43°55'
	21	09/setembro/72	R	50°	65°	1048-12303	13°02'	44°12'
	22	09/setembro/72	P	49°	63°	1048-12305	14°28'	44°33'
	22	22/setembro/73	D	52°	70°	1426-12300	14°26'	44°36'
	23	09/setembro/72	R	48°	62°	1048-12312	15°55'	44°54'
	23	27/setembro/72	R	53°	70°	1066-12312	15°58'	44°52'
	23	22/setembro/73	D	51°	68°	1426-12302	15°52'	44°57'
	24	09/setembro/72	R	47°	61°	1048-12314	17°21'	45°15'
	24	27/setembro/72	R	52°	69°	1066-12314	17°24'	45°14'
	24	22/setembro/73	D	50°	67°	1426-12305	17°18'	45°18'
	25	09/setembro/72	R	46°	60°	1048-12321	18°48'	45°36'
26	09/setembro/72	R	45°	59°	1048-12323	20°15'	45°57'	
27	09/setembro/72	R	44°	58°	1048-12330	21°41'	46°19'	
178	19	10/setembro/72	R	51°	68°	1049-12352	10°10'	44°56'
	19	18/agosto/73	D	46°	58°	1391-12351	10°03'	45°03'
	20	10/setembro/72	R	51°	67°	1049-12355	11°36'	45°17'
	20	18/agosto/73	D	45°	57°	1391-12353	11°30'	45°24'
	21	31/julho/73	R	41°	51°	1373-12361	12°52'	45°46'
	21	18/agosto/73	D	44°	56°	1391-12360	12°56'	45°44'
	22	31/julho/73	R	40°	50°	1373-12364	14°19'	46°06'
	22	18/agosto/73	D	43°	55°	1391-12362	14°23'	46°05'
	23	18/agosto/73	D	42°	54°	1391-12365	15°49'	46°26'
	24	18/agosto/73	D	41°	53°	1391-12371	17°14'	46°47'
	25	18/agosto/73	D	40°	52°	1391-12374	18°40'	47°09'
	26	31/julho/73	R	35°	47°	1373-12382	20°02'	47°33'
	26	18/agosto/73	D	35°	52°	1391-12380	20°08'	47°30'
27	18/agosto/73	D	38°	51°	1391-12383	21°35'	47°52'	
192	19	11/setembro/72	R	52°	69°	1050-12411	10°10'	46°23'
	19	19/agosto/73	D	46°	59°	1392-12405	10°04'	46°31'
	20	26/junho/73	D	39°	45°	1338-12420	11°28'	46°52'
	20	19/agosto/73	D	45°	57°	1392-12412	11°31'	46°51'
	21	26/junho/73	D	35°	45°	1338-12422	12°54'	47°12'
	21	19/agosto/73	D	44°	56°	1392-12414	12°56'	47°11'
	22	26/junho/73	D	37°	44°	1338-12425	14°19'	47°33'
	22	01/agosto/73	R	40°	50°	1374-12422	14°20'	47°32'
	22	19/agosto/73	D	43°	55°	1392-12421	14°22'	47°32'
	23	26/junho/73	D	36°	44°	1338-12431	15°45'	47°54'
	23	19/agosto/73	D	42°	54°	1392-12423	15°48'	47°53'
	24	19/agosto/73	D	41°	54°	1392-12430	17°14'	48°15'
	25	26/junho/73	D	33°	43°	1338-12440	18°36'	48°36'
	25	19/agosto/73	D	40°	53°	1392-12432	18°41'	48°36'
	26	19/agosto/73	D	39°	52°	1392-12435	20°08'	48°58'

Foram encomendadas ao Banco de Dados do INPE cópias em preto e branco, na escala 1:1.000.000, dos canais 5 e 7. Observação preliminar dos autores (LIU et al, 1973) em área restrita à região da Represa de Furnas e Alto São Francisco mostrou que as informações obtidas de imagens dos canais 5 e 7, complementaram-se entre si enquanto que imagens dos canais 4 e 6, além de apresentarem menor contraste tonal, não ofereceram nenhuma informação geológica adicional.

- 2.0 - É adquirida toda a bibliografia referente à área de estudo, tanto geológica quanto geográfica; mapas existentes devem ser levados à escala ao milionésimo para maior facilidade de comparação. Mosaicos devem ser confeccionados com cópias dos canais 5 e 7 também na escala ao milionésimo (Figuras III.3 e III.4).



Fig. III.3 Mosaico das imagens MSS do ERTS-1 no canal 5.



Fig. III.4 Mosaico das imagens MSS do ERTS-1 no canal 7.

3.0 - A análise fotogeológica é feita em dois estágios: reconhecimento de feições geológicas e desenho preliminar de contatos.

3.1 - O reconhecimento das feições geológicas nas imagens dos canais 5 e 7, separadamente, é obtido pela aplicação da técnica básica desenvolvida para interpretação de fotos aéreas. O intérprete deve descobrir feições que identifiquem um determinado conjunto litológico, estratigráfico ou estrutural pela análise de padrão de drenagem, formas de relevo, feições geomórficas características, tonalidade cinza, vegetação e uso da terra. As imagens ERTS permitem visão estereoscópica do relevo em estreita faixa onde há sobreposição lateral de imagens; entretanto, devido à grande altitude e quase verticalismo do imageamento, o exagero é muito pequeno, prejudicando a sensação visual de relevo. A baixa resolução impede a observação de feições de micro-relevo, textura da superfície e feições de afloramento.

A base da análise geológica de imagens orbitais é o exame do padrão de drenagem ou desenho erosional. Padrão de drenagem pode ser definido como o arranjo de canais, ramificados ou não, que drenam uma bacia. O padrão tem infinitas variedades de forma, densidade, extensão e tipo, variações estas que dependem das características litológicas e estruturais da rocha. Entre as características litológicas cita-se: porosidade, permeabilidade, densidade, solubilidade, consolidação e granulometria. Apesar de importante, a análise do padrão de drenagem não é decisiva na definição de uma unidade litológica.

O relevo de uma região pode ser desenvolvido por erosão seletiva ou diferencial, por sedimentação ou por movimentos tectônicos da crosta. A erosão seletiva ou diferencial está diretamente relacionada com o tipo de rochas e é expressa nas formas do relevo, permitindo inferência direta sobre o tipo de rocha, ação do intemperismo e feições estruturais.

As variações de tons de cinza de uma imagem ERTS representam a quantidade de energia eletromagnética refletida pelos alvos imageados no intervalo de sensibilidade espectral do detector. Os canais do imageador MSS correspondem a quatro intervalos discretos do espectro eletromagnético, resultando quatro imagens diferentes de cada cena. Esta multiplicidade de imagens com caráter multiespectral, de uma mesma cena, é uma das diferenças entre o sensoriamento remoto e a fotografia convencional. Pode-se ter alvos que apesar de refletirem mesma quantidade de energia em um canal, tendo portanto a mesma tonalidade cinza, refletem quantidades diferentes em outro canal, permitindo que sejam individualizados. A tonalidade é um elemento importante na delimitação de unidades de interpretação.

A análise de feições geomórficas características pode conduzir a uma interpretação decisiva de litologia; como exemplo, a existência de dolinas representam camadas de calcários; e escarpas erosionais verticais e bem definidas indicam camadas de conglomerados ou arenitos.

Distribuição, tipo e densidade da vegetação refletem o tipo e espesura do solo, diretamente relacionado com a rocha subjacente. Do mesmo modo, o uso da terra pelo homem é influenciado pelo solo e consequentemente pela rocha subjacente.

Unidades de mapeamento com mesmas características na imagem representam conjuntos de litologias com características similares.

3.2 - Mapas geológicos representam distribuição espacial de unidades lititológicas, estratigráficas.

A análise de feições geológicas conduz à definição de unidades de interpretação com características similares que podem ser correlacionadas as unidades litológicas, estratigráficas, ou estruturais. Os contatos entre as unidades são desenhados no mosaico, permitindo interpretação e correlação com mapas existentes. A melhor delineação de um contato depende principalmente da diferença de resistência à erosão entre as unidades. Entretanto, esta delineação é limitada por feições visíveis e a possibilidade em segui-la depende da continuidade de expressão na imagem.

Rochas sedimentares resistentes são facilmente identificáveis e podem apresentar feições valiosas na avaliação estrutural da área. Uma camada espessa de rocha sedimentar arenosa, que apresente tonalidade cinza constante e resistência uniforme, pode ser reconhecida facilmente e o contato delineado pela existência de escarpas de erosão.

4.0 - O estudo de trabalhos geológicos executados previamente dá ao intérprete um conhecimento da geologia, tanto mais aprofundado quanto forem os trabalhos disponíveis.

Na investigação, deve se preferir os relatórios de descrição litológica de afloramento e perfis, aos trabalhos mais elaborados que incluam maior quantidade de interpretação do autor.

5.0 - Depois da interpretação ter sido transferida das imagens para o mosaico, a geologia regional fica mais evidente ao intérprete e então é iniciada uma nova fase de estudo, na qual o mapa é analisado em conjunto para que se verifique os itens:

- 1) se a atitude das unidades está de acordo com o padrão estrutural.
- 2) se as unidades estão na sequência normal ou há discordância.
- 3) relações entre feições estruturais.
- 4) relação entre unidades e feições estruturais.
- 5) relação entre feições estruturais e tectônica regional.

Uma transparência é colocada sobre o mosaico e toda a interpretação é traçada sobre ela, resultando um mapa geológico de interpretação.

6.0 - A correlação da interpretação com trabalhos prévios é feita com mapas, perfis e descrições geológicas. Nesta fase deve-se assinalar:

- 1) feições geológicas mapeadas previamente mas não identificadas na imagem.

- 2) feições geológicas verificadas na imagem mas não mapeadas previamente.
- 3) deslocamento de feições geológicas devido à imperfeição cartográfica do mapeamento prévio.

7.0 - O processo de interpretação e mapeamento de feições geológicas com imagens ERTS é complexo e de natureza essencialmente qualitativa. A experiência e a habilidade do intérprete em avaliar o significado das feições de superfície refletem-se na qualidade final da interpretação. Portanto, a decisão final deve ser assumida somente quando o pesquisador julgar que examinou suficientemente as feições geológicas e que dedicou toda sua experiência e habilidade de análise, especialmente no caso de não existir mapeamento geológico de superfície.

8.0 - O mapa geológico final é desenhado depois de assumida a decisão final e deve refletir a opinião geral do intérprete, isento de compromisso com mapeamentos anteriores. Trabalho de verificação de campo é necessário nas áreas de discordância com mapeamento anterior.

9.0 - No relatório final deve constar, além da descrição da Geologia, o método empregado na interpretação, bibliografia usada como referência e extensão do controle de campo existente.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO IV

GEOLOGIA REGIONAL

4.1 - ESBOÇO DA TECTÔNICA REGIONAL

O embasamento da Plataforma Brasileira é constituído por faixas de peridotitos, áreas de rejuvenescimento com direções de dobramentos Brasilianos e áreas cratônicas do final do Prê-Cambriano; teve sua consolidação a partir do Ciclo Brasiliano, entre o final do Prê-Cambriano e o Ordoviciano.

Elementos desta grande unidade estão representados na área do presente trabalho. Baseado em ALMEIDA (1967b, 1969, 1971 e 1973) e DNPM (1971b), é feito um esboço dos principais elementos tectônicos da área (Figura IV.1):

- 1) Plataforma do São Francisco e Faixa de dobramentos Brasília.
- 2) Maciços antigos remobilizados no Ciclo Brasiliano.
- 3) Cobertura Prê-Cambriana da Plataforma do São Francisco.
- 4) Bacias sedimentares Paleozóicas (Sinéclises do Maranhão e Paraná).
- 5) Coberturas pós-Paleozóicas (Bacia Sanfranciscana).

A Plataforma do São Francisco limita-se a Oeste com a faixa de dobramentos Brasília; ao Norte seus limites acham-se ocultos sob sedimentos da Bacia do Maranhão; os limites com a faixa de dobramentos Propriã, na Bahia e Sergipe, coincidem com uma zona de grandes falhas de empurrão. Seu embasamento possui um ciclo tectogênico que se desenvolveu a 2000 ± 200 M.A.* (Ciclo Transamazônico), ao menos na Bahia e norte de Minas Gerais. Desde a região central de Minas Gerais e que se estende para Norte, é representado pelo Grupo Minas, cuja idade se acha compreendida no Ciclo Transamazônico (informação oral de ALMEIDA, 1974).

Na borda ocidental da Plataforma do São Francisco dispõe-se importante sequência de metassedimentitos, caracterizando a faixa de dobramentos Brasília. Essa sequência é representada pelo Grupo Canastra e a parte dobrada do Grupo Bambuí. As rochas do Grupo Araxá e seu embasamento representam maciços antigos, remobilizados no Ciclo Brasileiro. O preenchimento sedimentar do geossinclíneo Brasília sofreu os efeitos da tectogênese brasileira, com desenvolvimento de dobramentos acentuadamente lineares; foram metamorfoseadas em fácies xisto verde. Em conjunto, tais dobramentos apresentam direções paralelas à borda ocidental da Plataforma do São Francisco, contra a qual manifestam vergência e terminam de maneira brusca.

Grandes falhas de empurrão foram mapeadas no oeste de Minas Gerais e em Goiás (BARBOSA et al, 1970; PROSPEC, 1968a e b), na área

* M.A.: Milhões de anos.

do miogeossinclíneo; algumas parecem ter centenas de quilômetros de extensão e todas indicam transporte em direção à Plataforma do São Francisco.

A invasão marinha acarretou a sedimentação do Grupo Bambuí constituindo assim a cobertura dessa plataforma, em discordância com as formações mais antigas (Grupo Chapada Diamantina); as litologias são predominantemente pelíticas e carbonáticas. Simultaneamente, mas em condições miogeossinclinais, se processou a sedimentação nas bordas da Plataforma do São Francisco, no geossinclíneo Brasília.

Uma subdivisão do Pré-Cambriano da América do Sul, segundo ALMEIDA (1971), pode ser sintetizada em:

Pré-Cambriano Superior: 570 - 1800 M.A.

- Ciclo Brasileiro, episódio tardio (570 - 620 M.A.) - deposição em miogeossinclinais e cobertura da plataforma; tectonização dos Grupos Bambuí, Jequitai, Chapada Diamantina e outros. Metamorfismo nulo a fácies anfíbolito.
- Ciclo Brasileiro, episódio precoce (620 - 900 M.A.) - sedimentação ortogeossinclinal seguida de metamorfismo, tectonismo e magmatismo dos Grupos Canastra, Itacolomi, Macaúbas e outros.

Na zona de maior subsidência a sedimentação possui espessura superior a 3000 m. Na área de estudo está representada por sedimentos do Grupo Passa Dois (Permiano), Grupo São Bento (Jurássico-Cretáceo) e Formação Bauru (Cretáceo Superior).

A Bacia do Maranhão situa-se em área de remobilização Brasileira, entre os Cratons do Guaporé, São Luiz e São Francisco. Na zona de maior subsidência, os sedimentos possuem espessura aproximada de 3000 m. Está representada desde a Formação Serra Grande, Cambro-Ordoviciano, até a Formação Urucuaia, do Cretáceo (DNPM, 1974).

As coberturas pós-Paleozóicas (Mesozóico) são representadas por derrames basálticos e sedimentos mesozóicos. Nesse período a Plataforma Brasileira foi afetada pela "reativação Wealdeniana" (ALMEIDA, 1967b), a partir do final do Jurássico. O fenômeno atingiu as mais diversas estruturas da plataforma, porém com nítida preferência às áreas que por último se consolidaram. A Plataforma do São Francisco foi relativamente pouco afetada, exceção feita à área da costa brasileira, onde surgiram as bacias tectônicas do Recôncavo e Tucano.

Devido a esta reativação, houve um importante processo magmático, cujo máximo de intensidade é considerado do Cretáceo Inferior e que se manifestou além das regiões costeiras, sobretudo nas sinéclises do Paraná e Maranhão; é representada respectivamente pelas Formações Serra

Geral (LADEIRA et al, 1971) e Orozimbo (DNPM, 1974). Na Bacia Sanfranciscana o caráter magmático ultrabásico-alcálico é representado pelas fácies Patos e Capacete da Formação Mata da Corda.

Esta fase de reativação também foi caracterizada pelo magmatismo alcálico, responsável por numerosas intrusões e efusões locais.

Diversos corpos alcálicos e ultrabásicos, conhecidos na literatura, foram identificados nas imagens ERTS; entre eles, Tapira, Araxá, Salitre, Serra Negra e Catalão, mineralizados em Nb, Th, U, Mo, Ti, Fe, Zr, Ba, P e terras raras.

As coberturas de sedimentos Mesozóicos são basicamente continentais. Possuem grande expressão formando os diversos chapadões na área, sendo representados na Bacia do Maranhão pela Formação Sambaíba, na Bacia Sanfranciscana pelas Formações Urucufa, Areado e Mata da Corda e na Bacia do Paraná pelas Formações Bauru e Botucatu.

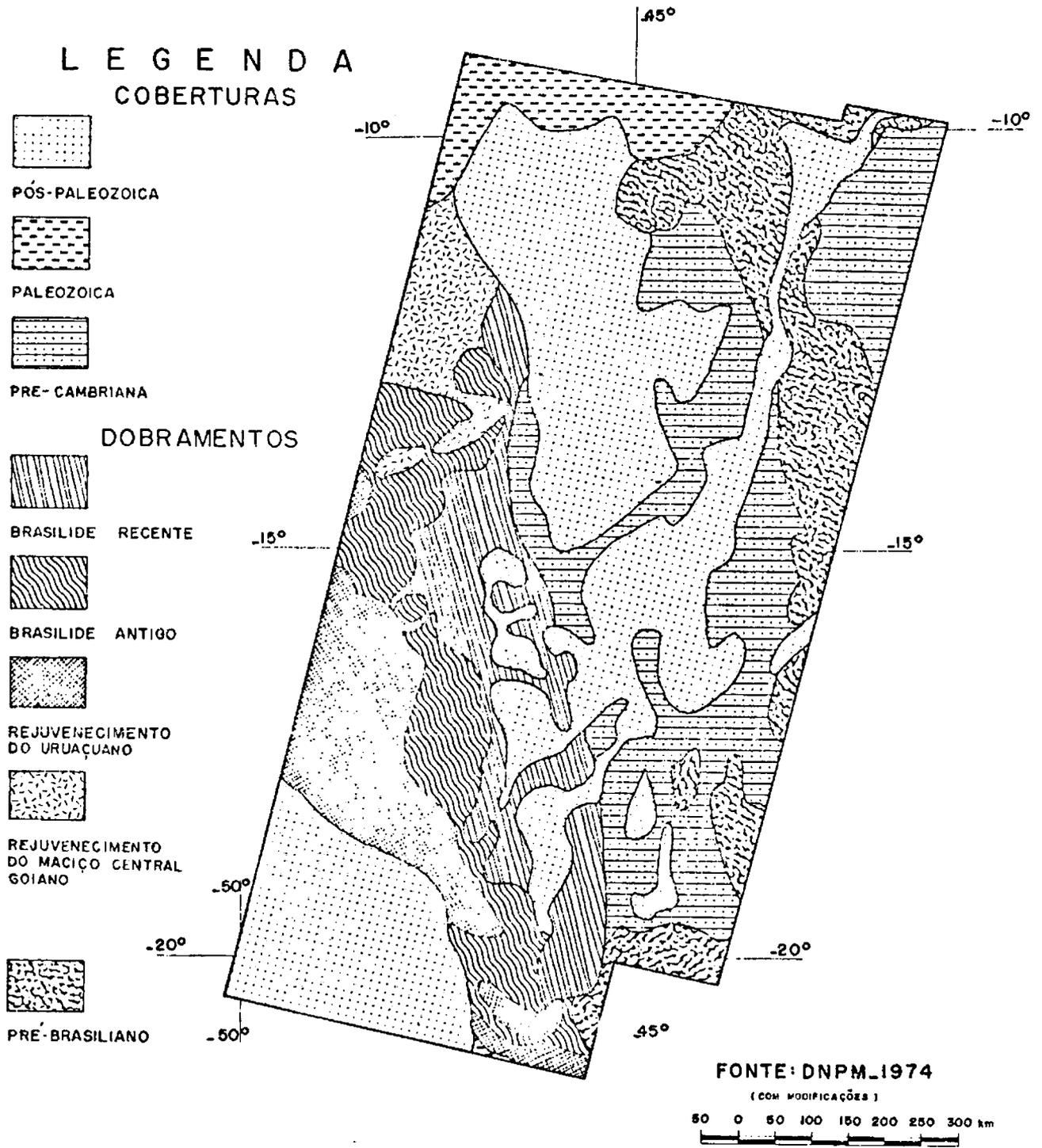


Fig. IV.1 Esboço da tectônica da área pesquisada.

4.2 - GEOLOGIA DA REGIÃO DO ALTO SÃO FRANCISCO

GENERALIDADES:

As primeiras observações de caráter estratigráfico envolvem do rochas do Grupo Bambuí foram feitas por ESCHWEGE (1832) que denominou Arenito Pirapora o grês vermelho que ocorre na região da cachoeira de Pi rapora. O termo Bambuí foi introduzido por RIMANN (1917). FREYBERG (1932) distinguiu duas unidades do Grupo Bambuí: Camadas Indaiã, fortemente do bradas e Camadas Gerais, essencialmente horizontais.

A estratigrafia do Grupo Bambuí foi exposta pela primeira vez por BRANCO (1961) em roteiro entre Belo Horizonte e Brasília. Reco nheceu no Grupo Bambuí três formações: Carrancas, Sete Lagoas e Rio Pa raopeba, esta com os Membros Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Três Marias e Serra da Saudade (Tabela IV.1).

TABELA IV.1

Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí

GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO
Bambuí	Rio Paraopeba	Serra da Saudade Três Marias Lagoa Jacaré Serra de Santa Helena
	Sete Lagoas	
	Carrancas	

Fonte: BRANCO, 1961.

OLIVEIRA (1967) dividiu o Grupo Bambuí em dois sub-grupos: um inferior, denominado São Francisco e um superior, sem denominação, englobando a Formação Três Marias (Tabela IV.2). Este conjunto foi denominado Grupo Pirapora por COSTA et al (1970), usando denominação prioritária de ESCHWEGE (1832). OLIVEIRA (1967) usa as mesmas denominações de BRANCO (1961) e observou corretamente que as unidades, apesar de facilmente se paráveis na região do Alto São Francisco, perdem sua individualização em direção ao Norte e se confundem.

TABELA IV.2

Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí.

SUB-GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO
	Três Marias	Serra da Saudade
São Francisco	Lagoa do Jacaré Serra de Santa Helena Sete Lagoas	
	Vila Chapada	Carrancas

Fonte: OLIVEIRA, 1967.

BRAUN (1968), em mapeamento na região do Planalto Central, elaborou uma nova coluna estratigráfica, redefinindo os nomes propostos anteriormente (Tabela IV.3).

TABELA IV.3

Coluna estratigráfica do Grupo Bambuí.

GRUPO	FORMAÇÃO
Bambuí	Três Marias
	Paraopeba
	Paranoá
	Fácies Carrancas

Fonte: BRAUN, 1968.

Neste trabalho adota-se a coluna de BRANCO (1961) modificada por OLIVEIRA (1967) para a região do Alto São Francisco, e a coluna de BRAUN (1968) para a região do Planalto Central, com a inclusão da Formação Três Marias no Grupo Pirapora, segundo COSTA et al (1970), cuja divisão está na Tabela IV.4.

TABELA IV.4

Divisão em Tectono-Grupos do Grupo Bambuí.

GRUPO	TECTONO-GRUPO
Pirapora	
Bambuí	Sete Lagoas
	João Pinheiro
	Formosa

Fonte: COSTA et al, 1970.

A idade do Grupo Bambuí foi determinada por AMARAL e KAWASHITA (1967) pelo método Rb-Sr em amostras de folhelho intercalado em calcários da Formação Sete Lagoas da região de Vazante (MG). Esses autores obtiveram como idade mínima 600 ± 50 M.A., situando o Grupo Bambuí no Pré-Cambriano Superior.

As sequências sedimentares do Grupo Bambuí formam a cobertura da Plataforma do São Francisco (Figura IV.1); são principalmente pelitos, calcários e siltitos, recobrem vasta área da bacia hidrográfica do São Francisco e não foram metamorfizadas, ocorrendo horizontalmente na parte central, com dobramentos nas margens. COSTA et al (1970) denominaram de Tectono-Grupo Sete Lagoas a esta zona tectônica.

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

A sedimentação do Grupo Bambuí inicia com um conglomerado basal denominado Carrancas, de ocorrência descontínua. Segundo OLIVEIRA (1967) sobrepõem-se 20 m de ardósias, ligeiramente onduladas, que mergulham suavemente para a parte central da bacia. Este conjunto foi incluído, juntamente com o conglomerado Carrancas, na Formação Vila Chapada.

A Formação Sete Lagoas em muitos lugares assenta diretamente sobre o embasamento. São calcários de cor cinza, bem estratificados; a espessura varia de 150 a 200 m.

As ardósias da Formação Serra de Santa Helena assentam concordantemente sobre os calcários da Formação Sete Lagoas. Segundo MARCHESI (1974), a formação pode subdividir-se em três unidades: uma inferior, constituída essencialmente de pelitos; uma média, por calcário oolítico; e uma superior, que inicia com pelitos, com intercalações de calcários, passando a arenitos. Os argilitos se caracterizam pela cor cinza e estratificação fina. Os calcários oolíticos são cinza claro e escuro, laminados, com estratificação cruzada e gradam para argilitos com arenitos intercalados.

A Formação Lagoa do Jacaré é caracterizada por uma sequência de siltitos e calcário escuro, muitas vêzes oolíticos. Ocorre somente na parte sul da Bacia, entre Belo Horizonte e Curvelo.

CARDOSO (1973) definiu a Formação Serra do Cabral, como correlacionável à Formação Paranoá, que ocorre na região do Planalto Central. Aflora a oeste da cidade de Buenópolis, na base da Serra do Cabral, onde atinge espessura superior a 1000 m. São quartzitos de granulação mēdia, grãos arredondados com extinção ondulante e folhelhos sobrepostos.

A Formação Jequitaí, definida por DERBY em 1887 é composta principalmente de conglomerados considerados de origem glacial; tem distribuição restrita à Serra do Cabral e região de Jequitaí.

Sobre o Grupo Bambuí, assenta-se a Formação Três Marias, (BRANCO, 1961) constituem-se predominantemente de arcósios finos a médios, com raros leitos conglomeráticos; intercalam-se grauvasas silíticas, ocasionalmente calcíferas. COSTA et al (1970) correlacionam com o Grupo Pirapora e reconhecem uma discordância com o Grupo Bambuí.

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Com base na análise fotogeológica foi possível reconhecer seis unidades de fotointerpretação na área de ocorrência do Grupo Bambuí. Segundo a estratigrafia de OLIVEIRA (1967), correspondem às Formações Vila Chapada, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré. Somente um mapeamento com controle de campo poderá correlacionar com precisão cada uma das unidades e possivelmente redefinir as formações estabelecidas; por esta razão foram indexadas de 1 a 6, de Leste para Oeste. A atitude das camadas é horizontal ou com fraco mergulho para noroeste.

As unidades 1, 3 e 5 apresentam evidências de predomínio de calcários sobre os sedimentos clásticos. Foi observado que a diversificação de fácies somente ocorre na região do Alto São Francisco; da cidade de Pirapora para Norte ocorre exclusivamente a unidade 5. Esse conjunto de litologias corresponde à zona tectônica denominada Tectono-Grupo Sete Lagoas por COSTA et al (1970).

Recobrando discordantemente o Grupo Bambuí ocorrem duas unidades de rochas sedimentares clásticas, com atitude horizontal. Foram

correlacionadas com a Formação Três Marias e, segundo COSTA et al (1970), Grupo Pirapora.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPRETAÇÃO

As unidades p6b1 a p6b6 foram todas correlacionadas ao Grupo Bambuí. Suas expressões características, nas imagens MSS/ERTS, são mencionadas abaixo:

- Unidade p6b1: distribue-se a oeste da Serra do Espinhaço. É caracterizada por padrão de drenagem dendrítico controlado, com textura fina, mas comparativamente com vales mais encaixados e divisores distintos em relação à unidade p6b2. Apresenta tonalidade cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal e não cultivada.
- Unidade p6b2: distribue-se desde o sul da Serra do Cabral até a norte de Belo Horizonte. Mostra padrão de drenagem dendrítico, com textura média, terreno ondulado, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal e não cultivada.
- Unidade p6b3: distribue-se desde o sul da Serra do Cabral até a Represa de Furnas. É caracterizada pelo padrão de drenagem dendrítico, com textura média, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, e com cobertura vegetal densa variável.

- Unidade p6b4: distribue-se desde o sul da Represa de Três Marias até a Represa de Furnas. Mostra padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, mas com vales não encaixados e divisores mal definidos. Apresenta, também, terreno ondulado, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal e não cultivada.
- Unidade p6b5: possui ampla distribuição na área de estudos, desde a porção sul até a norte. Na região do Alto São Francisco mostra padrão de drenagem dendrítico controlado, com textura fina, vales encaixados e divisores distintos. Os principais canais são paralelos e com direção geral NNE-SSW, enquanto seus afluentes são todos paralelos com os lineamentos de direção NW-SE. Mostra terreno ondulado, tom cinza médio a claro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal de densidade variada e não cultivada.
- Unidade p6b6: distribue-se ao sul de São Gotardo. Apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, terreno ondulado, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal de densidade variada e não cultivada.
- Unidade p6pi: distribue-se ao redor da área leste da Represa de Três Marias e sobrepõe-se em discordância, nas unidades mencionadas previamente. Mostra padrão de drenagem dendrítico, com textura fina e é caracterizada por seu alto contraste tonal, isto é, os divisores mostram tom cinza claro a branco e os vales apresentam

tom cinza escuro, porém ambas as feições apresentam-se em tom cinza claro na banda 7. Mostra cobertura vegetal rala, mata de galeria ao longo dos vales, e não cultivada.

- Unidade p6ps: distribue-se a norte da Represa de Três Marias. É caracterizada pelo padrão de drenagem dendrítico, com textura média, tom cinza escuro a médio na banda 5, tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal e não cultivada.

4.3 - GEOLOGIA DO PLANALTO CENTRAL

GENERALIDADES:

Sob o ponto de vista tectônico pode-se distinguir no Planalto Central as seguintes regiões (Figura IV.1):

- a) Região de dobramentos Uruaçuanos, representados pelo Grupo Araxá, constituído de metassedimentitos de caráter eugeossinclinal, recobrendo complexos mais antigos e rejuvenecidos no Ciclo Brasileiro.
- b) Região de dobramentos Brasília, estágio inferior, representado pelo Grupo Canastra, metamorfozizado em fãceis de xisto verde.
- c) Região de dobramentos Brasília, estágio superior, representado pelo Grupo Bambuí, pouco metamorfozizado porém muito dobrado. Os dobramentos do Grupo Bambuí formam uma sequência de sinclinais e anticlinais paralelos, associados a falhas inversas. COSTA et al (1970) denominam Tectono-Grupo Formosa a esta zona tectônica.

A coluna estratigráfica é baseada nos trabalhos de BRAUN, (1968), PROSPEC (1968a, b) e BARBOSA et al (1970) mostrada na Tabela IV.5.

TABELA IV.5

Coluna estratigráfica na região do Planalto Central.

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO
PRÉ-CAMBRIANO	Bambuī	Três Marias
		Paraopeba
		Paranoã
	Araī	Arraias Traīras
	Ibiã	
	Canastra	
	Araxã	
	Embasamento indiviso (complexo granítico-gnāissico)	

Fontes: BRAUN, 1968; PROSPEC, 1968a, b; BARBOSA et al, 1970.

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

As rochas do Embasamento Cristalino constituem um complexo granítico gnáissico de composição granodiorítica, com intercalações de anfibolitos (BARBOSA et al, 1970). Sobreposto ao embasamento ocorre o Grupo Araxá: metamorfitos de fácies epidoto-anfibólio, consistindo de mica-xisto e quartzitos, calco-xisto com calcários, xistos grafitosos e carbonosos, rochas básicas e ultrabásicas; intrusões granodioríticas ocorrem nos xistos.

Os metamorfitos do Grupo Canastra constam de quartzitos e filitos. No Grupo Ibiã ocorrem calco-xistos verdes, mica-xistos, cloritaxistos e quartzitos.

A norte de Brasília ocorre o Grupo Araí, dividido em Formação Traíras: quartzitos, meta-siltitos, filitos, calcários e calco-xistos; e Formação Arraias: quartzitos, metafilitos, conglomerados e andesitos.

Segundo BRAUN (1968) a Formação Paranoá consta de: 50 m de conglomerados basal com matriz arenosa e calcodolomítica; 300 m de metasiltitos e filitos com intercalações de quartzitos; 430 m de quartzitos; 750 m de metassiltitos e quartzitos inter-estratificados; 250 m de quartzitos médios a grosseiros, com estratificação paralela e diagonal; 600 m de siltitos e argilitos; 80 m de quartzitos; 300 m de metassiltitos; 130 m de quartzitos ferríferos friáveis; 60 m de argilitos e metassiltitos.

A espessura total atinge 3800 m; entretanto, este valor representa locais restritos de subsidência, não sendo constante. A Formação Paraopeba é constituída de pelitos e calcários. Uma secção completa, segundo BRAUN (1968) começa por calcário dolomítico, silicoso, passando a argiloso e marga; intercalam-se siltitos, argilitos, ardósias, lentes de calcário e arenitos finos; finalisa com siltitos arcósiolos micáceos e calcíferos. A espessura máxima é de 1400 m; a mais comum, 100 m.

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Nessa região foi feita a correlação com o mapeamento executado pela PPOSPEC (1968a, b).

A norte de Brasília foi identificado o Grupo Araí, em contato com rochas do embasamento cristalino, coincidindo a localização dos contatos. Da mesma forma foi identificado o Grupo Natividade (DNPM, 1974) mais ao Norte.

Não foi possível, entretanto, a individualização dos Grupos Araxá, Canastra e Ibiã que ocorrem desde o Sul de Brasília até a região de Furnas. As duas unidades reconhecidas foram indexadas (1 e 2) com símbolo referente ao Pré-Cambriano. A falha inversa que separa estas rochas do conjunto dobrado do Grupo Bambuí não foi identificada nas imagens. Acredita-se que não exista ou que a expressão geomórfica não seja suficiente para a identificação.

Foram reconhecidos dois conjuntos de litologias, identificadas como Grupo Bambuí; um, restrito à região de Brasília, é correlacionável com a Formação Paranoá; outro de ocorrência mais extensa, correlacionável à Formação Paraopeba. No primeiro conjunto foram reconhecidas quatro unidades de interpretação, indexadas de 1 a 4; representam litologias com diferentes padrões de interpretação. No segundo conjunto ocorrem sete unidades. Devido à existência de extensa cobertura de caráter detrito-laterítico, não foi possível usar o critério da continuidade na interpretação; provavelmente, com base em observação de campo, algumas delas possam ser agrupadas. Os dobramentos estão bem evidenciados pela existência de quartzitos intercalados nos clásticos menos resistentes, formando sequência de cristas paralelas com direção Norte-Nordeste. Corresponde à zona tectônica de ocorrência dos Tectono-Grupos Formosa e João Pinheiro de COSTA et al (1970).

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPRETAÇÃO

- Unidade p6: distribue-se nos arredores da bacia hidrográfica formada pelos rios Palma e Paranoá. Mostra tonalidade cinza médio em ambas as bandas (5 e 7), terreno plano e em parte ondulado, e drenagem heterogênea.

As unidades p6A1 e p6A2 se estendem, na área de estudo, numa direção NW-SE, desde Passos até a sudoeste de Brasília. São correlacionadas aos Grupos Ibiã, Canastra e Araxá. Os contatos entre estas unidades, existentes em mapas geológicos, não foram diferenciados nas imagens CRTS.

- A unidade pEA1 possui características diferentes da unidade pEA2 e o contato é claro na imagem, porém, não existente nos mapas geológicos consultados. Baseados nos elementos de foto-interpretção, esta unidade pEA1 pode ser diferenciada em três sub-unidades, com as seguintes características:
 - Sub-unidade Sul de Brasília, apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, vales encaixados e cristas distintas, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.
 - Sub-unidade de Pires do Rio e Ipameri, apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura média, divisores mal definidos, textura mosqueada na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.
 - Sub-unidade de Catalão e Passos, apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, cristas arredondadas, tonalidade cinza médio a claro nas bandas 5 e 7.

Como os contatos de sub-divisão acima mencionada são bastante diferentes daqueles dos mapas geológicos consultados, estas sub-unidades não foram simbolizadas. Os contatos são mostrados no Mapa 1 somente para referência e consulta.

- A unidade pEA2 apresenta terreno plano, topograficamente em nível superior em relação a seus circunvizinhos (unidade pEA1) e lineamentos de direção WNW-ESE.

- Unidade p_{6a1}: distribue-se tanto ao norte como ao sul do rio Paranã. É caracterizada por feições topográficas onduladas, vales e cristas controladas estrutural e litologicamente, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio na banda 7.

As unidades p_{6a1} a p_{6a4} distribuem-se a oeste de Formosa e suas diferenciações estão baseadas nas seguintes feições:

- Unidade p_{6a1}: apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, parcialmente controlado por estruturas, tom cinza médio em ambas as bandas (5 e 7).
- Unidade p_{6a2}: mostra drenagem controlada por estrutura, com textura fina, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, mata de galeria ao longo dos vales.
- Unidade p_{6a3}: apresenta espessa cobertura (laterita?), terreno plano, padrão de drenagem dendrítico, com textura grosseira, tom cinza médio em ambas as bandas (5 e 7).
- Unidade p_{6a4}: possui padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, tom cinza médio nas bandas 5 e 7.

As unidades p_{6b1} a p_{6b7} estão amplamente distribuídas entre duas extensas zonas de falha, de direção NNW-SSE; uma delas localiza-se a oeste de Brasília, a outra, na região da Represa de Três Marias. Estas unidades são caracterizadas abaixo:

- Unidade p6b1: mostra padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, vales encaixados e cristas distintas parcialmente controladas por estruturas, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7 e mata de galeria.
- Unidade p6b2: possui padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, vales abertos e cristas arredondadas, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, e mata de galeria esparsa ao longo dos vales.
- Unidade p6b3: mostra terreno montanhoso com cristas aplainadas, padrão de drenagem dendrítico, com textura média, tonalidade cinza médio nos canais 5 e 7.
- Unidade p6b4: apresenta padrão de drenagem dendrítico, com textura fina e tom cinza médio a claro nas bandas 5 e 7.
- Unidade p6b5: tem padrão de drenagem dendrítico, com textura média, vales abertos e divisores mal definidos, e textura mosqueada em ambas as bandas 5 e 7.
- Unidade p6b6: possui drenagem controlada estruturalmente, lineamentos topográficos, cristas distintas não lineares e paralelas que possuem a mesma direção geral das extensas falhas mencionadas, textura mosqueada em ambas as bandas 5 e 7.
- Unidade p6b7: mostra padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, tom cinza médio a claro nas bandas 5 e 7.

As unidades p6ps e p6pi possuem as mesmas características descritas na região do Alto São Francisco.

- Unidade TQ1: possui ampla distribuição, a oeste da bacia do São Francisco, caracterizando-se por relevo plano, padrão de drenagem dendrítico, com textura grosseira, textura mosqueada nas bandas 5 e 7, com cobertura vegetal, e apresentando glebas com formas geométricas.

4.4 - GEOLOGIA DA SERRA DO ESPINHAÇO

GENERALIDADES:

Na margem leste da bacia hidrográfica do São Francisco está situada uma cordilheira com mais de 1000 Km de extensão e direção aproximada Norte-Sul.

A geologia dessa área tem sido estudada desde o século XVII quando foram descobertos diamantes na região da atual cidade de Diamantina. Trabalhos geológicos históricos foram feitos por ESCHWEGE (1822 e 1832) e FREYBERG (1932). Segundo PFLUG e RENGER (1973) a região que compreende a Serra do Espinhaço, desde o Quadrilátero Ferrífero até além das Serras do Estreito e do Boqueirão faz parte de uma mesma faixa de dobramento, localizada a leste do Craton do São Francisco. A Tabela IV.6 mostra a estratigrafia na Serra do Espinhaço.

Tectonicamente, pode-se reconhecer as seguintes regiões (Figura IV.1):

- 1) Região de dobramentos pré-Brasílicos de idade indeterminada, tornando a margem leste a sul da Plataforma do São Francisco; algumas datações têm revelado até 3000 M.A., correspondendo a um evento anterior ao Transamazônico.
- 2) Região de dobramentos com datações de 1800 M.A. ou mais antigas; corresponde aos Super-Grupos Minas e Rio das Velhas (Pré-Minas).

TABELA IV.6

Coluna estratigráfica na região da Serra do Espinhaço

ERA	SUPER-GRUPO	FÁCIES
Pré-Cambriano	São Francisco	Bambuï-Macaúbas Itacolomi-Santo Antônio
	Minas	
	Pré-Minas	

Fonte: PFLUG e RENGGER, 1973.

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

As rochas podem ser agrupadas em três grandes unidades: Super-Grupo Pré-Minas, Super-Grupo Minas e Super-Grupo São Francisco. O Super-Grupo Pré-Minas inclui a Série do Rio das Velhas e constitui o embasamento, com granitos com 1350 M.A. intrusivos nos xistos, gnaisses e migmatitos.

O Super-Grupo Minas consiste de meta-sedimentitos, principalmente quartzitos, filitos e itabiritos, que se interdigitam nos xistos e gnaisses. Foram depositados em ambiente de geossinclíneo, com material fornecido pela Plataforma do São Francisco, situado a Oeste. Sobre põe-se ao Super-Grupo Prê-Minas em discordância angular e forma elevações acentuadas (COBRA, 1969).

O Super-Grupo São Francisco inclui as fácies Itacolomi, Santo Antônio, Macaúbas e Bambuí. Esta nomenclatura litoestratigráfica não pode ser utilizada sem crítica, pois um super-grupo é dividido em grupos, etc., o que não é o caso da proposta de PFLUG e RENGER (1973). O termo fácies é designação informal, sendo subdivisão lateral de uma unidade estratigráfica. Sobrepõe-se discordantemente ao Super-Grupo Minas e tem composição litológica semelhante: "quartzitos relativamente imaturos e seixosos, contendo até intercalações de conglomerados, grauvacas com seixos (diamictitos), siltitos e filitos" (PFLUG e RENGER, 1973). A deposição das ardósias e calcários da fácies Bambuí foi simultânea, porém localizada na antiga plataforma, então em fase de subsidência (RENGER, 1970 e 1972).

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Foram identificados os conjuntos de litologias denominados Super-Grupos Prê-Minas, Minas e São Francisco e ainda o Embasamento Cristalino.

O fato de existir mapeamento de detalhe (PFLUG e RENGER, 1973) permitiu uma comparação a nível de litologia. Devido à expressão geomórfica peculiar, foram mapeadas com precisão de detalhes, litologias como filitos, quartzitos, itabiritos e alguns granitos, verificando-se uma perfeita coincidência dos contatos.

Também foram identificados os sedimentos descritos por Hartt (DERBY, 1906) na região de Diamantina e rio Jequitinhonha, de provável idade Terciária.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPRETAÇÃO

- Unidade p_{Ep}m: possui ampla distribuição na Serra do Espinhaço, de sul a norte. Mostra heterogeneidade na textura de drenagem, terreno escarpado, tom cinza claro a branco, com pontos cinza escuro em ambas as bandas 5 e 7, com cobertura vegetal rala de densidade variada.
- Unidade p_{Em}i: também possui ampla distribuição na Serra do Espinhaço. Baseado nos elementos de interpretação foram diferenciadas três sub-unidades, mostradas no Mapa 1. Porém, não foram simbolizadas, pois representam predominância litológica e devido à facilidade de correlação com os mapas geológicos consultados. Esta unidade, em geral, mostra tom cinza escuro a médio nas bandas 5 e 7, drenagem controlada por suas litologias heterogêneas e estruturas, e terreno escarpado com lineamentos topográficos distintos.

- Unidade pês: possui textura de drenagem grosseira com divisores mal definidos, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio a claro na banda 7.
- Unidade TQs: apresenta textura de drenagem grosseira, terreno plano limitado por escarpa erosional, tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.

4.5 - GEOLOGIA DO MÉDIO SÃO FRANCISCO

GENERALIDADES:

As feições geológicas mais proeminentes desta região são as Serras do Boqueirão e Estreito, constituídas de quartzitos do Grupo Santo Onofre e que formam um prologamento da Serra do Espinhaço.

A Leste ocorre um conjunto de litologias não metamorfizadas porém dobradas em seqüência de anticlinais e sinclinais, cobrindo em parte a plataforma do Pré-Cambriano. Formam o Grupo Chapada Diamantina, com as Formações Tombador, Caboclo, Morro do Chapêu e Guariba. Para o Leste, ocorrem calcários e sedimentos clásticos do Grupo Bambuí (Tabela IV.7).

TABELA IV.7

coluna estratigráfica na região do Médio São Francisco.

GRUPO	FORMAÇÃO
Bambuí	
Chapada Diamantina	Guariba e Lençóis Morro do Chapêu Caboclo Tombador
Santo Onofre	
Pré-Cambriano indiviso	

Fonte: DNPM, 1974

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

As rochas do Embasamento Cristalino são gnaisses, migmatitos, micaxistos e quartzitos, parcialmente recobertas por sedimentos do Terciário-Quaternário.

O Grupo Santo Onofre foi definido por PORCHER (1970) para os metassedimentos da Serra do Espinhaço; por continuidade estrutural aplica-se às rochas das Serras do Estreito e Boqueirão, mais ao Norte. Consiste de quartzitos, filitos e xistos. Os quartzitos são finos, micáceos e laminados; os filitos são cinza-prateados e esverdeados, sericíticos, calcíticos e carbonosos; muscovita-xisto, geralmente alterado, constitui a base da sequência.

A sedimentação do Grupo Chapada Diamantina inicia com a Formação Tombador que é litologicamente composta de quartzitos e conglomerados com ardósias e siltitos subordinados.

A Formação Caboclo é constituída de três conjuntos litológicos: um inferior, filitos, siltitos e metarenitos feldspáticos a quartzosos; um médio caracterizada por alternância de níveis argilosos e quartzíticos, com metarenitos conglomeráticos; e um superior, com metagrauvas feldspáticas, arenitos quartzíticos, níveis conglomeráticos, siltitos e argilitos.

A Formação Morro do Chapéu é constituída de um membro inferior, conglomerados ortoquartzíticos, diamantíferos e um membro superior, arenitos quartzíticos grosseiros, cinza-claro e róseos, estratificados em bancos de até 40 cm de espessura (DNPM, 1974).

A Formação Guariba é representada por conglomerados, siltitos, argilitos e arenitos quartzíticos.

O Grupo Bambuí na região do Médio São Francisco está representado por metassiltitos, metagrauvas, metacarbonatos, metaconglomerados, argilitos, ardósias e filitos. Os calcários predominantes são de cor cinza escuro, microcristalinos, carbonosos, laminados e maciços, com intercalações de margas.

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

O conjunto litológico denominado Chapada Diamantina foi individualizado do Embasamento Cristalino subjacente, e nele, quatro unidades de interpretação foram reconhecidas. Entretanto, os contatos não coincidem com os das Formações Tombador, Caboclo, Morro do Chapéu e Guariba, conforme estão representados no mapa geológico ao milionésimo, Folha Rio São Francisco (DNPM, 1974). Está bem evidente a sequência de anticlinais e sinclinais que ocorre nessa área, pela inferência de atitude das camadas mais resistentes e aspecto geral dos contatos.

Sobrepõe-se discordantemente a unidade 5 do Grupo Bambuí, identificada por continuidade desde a região do Alto São Francisco.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPRETAÇÃO

- Unidade p₆: possui sua distribuição entre a Serra de Macaúbas e a Chapada Diamantina e entre as Serras do Boqueirão e Estreito. Exibe feição topográfica plana, coberta em grande parte por aluvião, e tom cinza médio a claro nas bandas 5 e 7.
- Unidade p₆pm: distribue-se a oeste da Serra do Espinhaço, com relevo baixo e escarpado, tom cinza claro em ambas as bandas 5 e 7 e cobertura vegetal rala.
- Unidade p₆mi: distribue-se na região da Serra do Espinhaço, tendo relevo ondulado e escarpado, tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza médio a claro na banda 7, com cobertura vegetal.

- Unidade p6s0: constitui as Serras de Macaúbas, Estreito e Boqueirão, caracterizadas por uma série de cristas paralelas. Apresenta tom cinza escuro a médio nas bandas 5 e 7; sua cobertura aluvionar mostra tom cinza claro em ambas as bandas.
- As unidades p6c1 a p6c4 constituem a Chapada Diamantina na área de estudo, sendo caracterizadas pelas seguintes feições:
 - Unidade p6c1: mostra relevo baixo e ondulado, cristas e vales controlados por falhas ou fraturas, tom cinza claro em ambas as bandas 5 e 7, e com cobertura vegetal rala.
 - Unidade p6c2: apresenta relevo ondulado e dissecado, com inúmeras fraturas, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, e com cobertura vegetal.
 - Unidade p6c3: mostra relevo baixo, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.
 - Unidade p6c4: possui relevo de "hogback", cristas paralelas. Apresenta distinta atitude de superfície com mergulho para leste, e tom cinza escuro a médio em ambas as bandas 5 e 7.
- Unidade p6b5: distribue-se em ambas as margens do rio São Francisco e a leste da Chapada Diamantina. Caracteriza-se por padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, terreno ondulado e rugoso, tom cinza claro a médio em ambas as bandas 5 e 7, e com cobertura vegetal de densidade variada.
- Unidade TQst: tem sua distribuição a norte do rio Preto e Serra do Boqueirão, caracterizando-se por relevo plano parcialmente limitado

por escarpa erosional, não possuindo drenagem desenvolvida; tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.

- Unidade TQ: possui extensa distribuição em ambas as margens do rio São Francisco, exhibe relevo plano dissecado por rios principais, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio na banda 7, com cobertura vegetal e glebas com formas geométricas indicando a intensidade do uso da terra.
- Unidade Qa: tem sua ocorrência ao longo do rio São Francisco e seus tributários, mostra tom cinza médio a claro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, e com cobertura vegetal de densidade variada.

4.6 - GEOLOGIA DA BACIA DO MARANHÃO

GENERALIDADES:

A Bacia do Maranhão está situada nos Estados do Maranhão e Piauí, no nordeste do Brasil. É uma bacia intracratônica de forma elipsoidal, formada durante o Siluriano, e preenchida com sedimentos transportados do nordeste e transgredindo em direção a Goiás e ao rio Tocantins (LOCZY, 1968). Compreende três seqüências definidas de rochas sedimentares, cada uma caracterizada por ambiente de deposição e tectônica. A seqüência inferior (MESNER e WOOLDRIDGE, 1964) inicia em conglomerados continentais, passando a marinha, deltaica e finalmente continental; estende-se do Siluriano ao Mississippiano em deposição contínua. A seqüência média, do Pennsylvaniano ao Triássico, contém camadas vermelhas, anidritas, calcários e arenitos eólicos, continentais e fluviais; está separada da anterior por discordância angular. A seqüência superior é formada

exclusivamente por rochas cretácicas, separadas da anterior por um hiato no qual ocorreram derrames de basalto e associados (Tabela IV.8).

TABELA IV.8

Coluna estratigráfica na Bacia do Maranhão

PERÍODO	FORMAÇÃO
Cretáceo	Urucuia
Jurássico	Orozimbo
Triássico	Sambaíba
Permiano	Pedra de Fogo
Pennsylvaniano	Piauí
Mississipiano	Poti
Devoniano	Longã
	Cabeças
	Pimenteira
Siluriano	Serra Grande

Fonte: DNPM, 1974

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

A Formação Serra Grande consiste de arenitos cinza e branco, com estratificação cruzada, folhelho cinzento, micáceo e folhelho betuminoso. A Formação Pimenteiras compõe-se de um arenito cinza, de granulação fina; um arenito médio com seixos; arenito fino, micáceo, com folhelho cinza, betuminoso; sobrepõe-se um folhelho cinza escuro, físsil, altamente betuminoso, com siltitos e arenitos finos intercalados. A Formação Cabeças consiste de arenitos cinza, finos, com estratificação cruzada. Os folhelhos, da Formação Longã contêm intercalações de siltitos e arenitos e apresenta camadas contorcidas e furos de vermes. A Formação Poti é constituída de arenitos, folhelhos e siltitos cinzentos a pretos, carbonosos, e arenitos calcíferos com estratificação cruzada. A sequência sedimentar média é caracterizada pelo aparecimento dos arenitos vermelhos e róseos da Formação Piauí; estes arenitos têm estratificação cruzada, grãos esféricos a sub-arredondados, foscos. Na parte superior se alternam com folhelhos verdes e vermelhos, anidritas, dolomitas e calcários cinzas. A Formação Pedra de Fogo compõe-se de arenitos, siltitos, folhelhos e calcários, com a característica de ocorrência de chert em nódulos e camadas além de madeira silicificada. A Formação Sambaíba compõe-se de arenitos vermelhos, com estratificação cruzada, granulação fina a grossa, mal classificados, grãos foscos, sub-arredondados a arredondados. Os derrames de basalto e diques de diabásio associados, de composição básica, são denominados Formação Orozimbo (DNPM, 1973 e 1974). Possuem textura afanítica e as vezes estrutura vesicular, escurecida e amigdaloidal.

Os estudos de AGUIAR (1971), de revisão da Bacia do Maranhão, diferenciam duas unidades de rochas básicas denominadas Formação Mosquito (Triássico) e Formação Sardinha (Cretáceo inferior).

Da sequência cretácea, somente a Formação Urucua está representada na área mapeada. Consiste de arenitos, argilitos e calcáriosossilíferos, horizontais, com geomorfologia característica de chapadões tabulares e mesas.

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

Não foi possível uma correlação aceitável entre as unidades de interpretação e as litologias da Bacia do Maranhão, como aparecem no mapa geológico ao milionésimo, folha Rio São Francisco (DNPII, 1974).

O mapeamento de rochas sedimentares é limitado pelas seguintes condições:

- 1) Diferentes unidades sedimentares têm muitas vezes a mesma expressão geomórfica, resultando em aparência idêntica na imagem;
- 2) Os contatos entre unidades estratigráficas são muitas vezes transicionais ou fossilíferos, não representando diferenças marcantes de litologias;

- 3) Os arenitos paleozóicos, aproximadamente horizontais ou com fraco mergulho para Norte, estão em parte recobertos por arenitos cretáceos também horizontais, originando idêntica expressão geomórfica;
- 4) A existência de espessa camada de solo ou profunda alteração das rochas sedimentares mascara a expressão geomórfica de diferentes litologias;
- 5) A baixa resolução da imagem impede a representação das feições geomórficas de micro relevo, que diferenciariam as litologias.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPPETAÇÃO

O reconhecimento geológico a partir das imagens MSS/ERTS difere bastante dos mapas geológicos consultados. Não possuindo outros recursos além de imagens ERTS e RADAR para a interpretação seguiu-se as concepções geológicas existentes. Assim, os contatos das unidades de interpretação são baseados nas imagens EPTS, mas a sequência estratigráfica das unidades abaixo mencionadas seguem os mapas geológicos consultados conforme correlação tentativa.

- A unidade Ssg é tentativamente diferenciada da unidade Dc por uma continuidade topográfica não evidente, ao longo da borda sudeste da Bacia do Maranhão.
- Unidade Dc: mostra relevo rugoso, textura de drenagem fina, tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza médio na banda 7.

Baseado nas características exibidas nas imagens, a área entre Gilbuês e o rio Paraim pode ser diferenciada em três unidades de interpretação:

- A primeira, tem sua distribuição na área de Gilbuês apresentando textura de drenagem extremamente fina, feição topográfica não indicativa para uso da terra e tom cinza claro em ambas as bandas 5 e 7.
- A segunda, distribue-se entre Gilbuês e rio Paraim. Possui terreno plano drenado por rios meândricos, com drenagem secundária ramificada, textura mosqueada em tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.
- A terceira, possui distribuição em ambas as margens do rio Paraim, terreno plano, sem drenagem desenvolvida e topograficamente em nível superior em relação a unidade anterior, com cobertura vegetal densa, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio a claro na banda 7.

Estas unidades não puderam ser correlacionadas com as unidades estratigráficas de mapas geológicos, e por esta razão foram simbolizadas em Ppf - Ssg, que significa não diferenciada e provavelmente correlacionada a uma sequência constituída desde a Formação Serra Grande à Formação Pedra de Fogo.

Na borda noroeste da área de estudo, quatro unidades foram diferenciadas e denominadas Dp, Dc, Cpo-Dc e Cpi.

- Unidade Dp: mostra relevo plano, padrão de drenagem dendrítico, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio na banda 7.
- A unidade Dc: foi caracterizada anteriormente.
- Unidade Cpo-Dc: caracteriza-se por relevo ondulado, padrão de drenagem dendrítico, com textura média, textura mosqueada em tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7. É provavelmente correlacionada a unidades estratigráficas Carboníferas e Devonianas das referências consultadas e não diferenciadas.
- Unidade Cpi: apresenta padrão de drenagem dendrítica, com textura média, com divisores amplos, textura mosqueada em tom cinza escuro a claro na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.
- Unidade Ppf: distribue-se ao norte de Lizarda e Gilbuês, apresentando textura de drenagem fina, tom cinza escuro na banda 5 e tom cinza médio a claro na banda 7. A litologia desta unidade provavelmente se diferencia da seção inferior para a superior, pois suas texturas de drenagem mudam respectivamente de fina a grossiera.
- Unidade TRs: é caracterizada por terreno plano limitado por escarpa erosional, sem drenagem desenvolvida, mas sendo dissecada por

rios e tributários, com cobertura vegetal densa, tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.

- Unidade TRs?: apresenta terreno plano, textura de drenagem grosseira, textura mosqueada em tom cinza escura a claro na banda 5 e em tom cinza médio a claro na banda 7.

Baseado nas características destas unidades, TRs e TRs?, supomos uma interpretação diferente sobre a sequência estratigráfica em relação às referências consultadas: provavelmente, a unidade TRs seja igual a unidade Kus, o que é dizer que a unidade Kus está sobreposta, em discordância, a sequência Paleozóica da Bacia do Maranhão; e a unidade TRs? pode ser igual a unidade Kui, sendo mais antiga que Kus e mais nova que Ppf, e estando em uma sequência normal com a unidade Kum. As idades geológicas das unidades TRs?, TRs e Kus poderiam ser re-estudadas.

As unidades Kui, Kum e Kus serão descritas na seção referente a Bacia Sanfranciscana.

- Unidade Qa: distribue-se ao longo dos leitos do rio Paraim e seus afluentes. Mostra tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7.

4.7 - GEOLOGIA DA BACIA DO PARANÁ

GENERALIDADES:

A Bacia do Paraná se estende desde o Paraguai e Sul de Mato Grosso e Goiás, através de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul até Uruguai e Argentina. O embasamento é formado por rochas do Pré-Cambriano ao Eo-Cambriano.

Foi preenchida por sedimentos predominantemente continentais do Siluriano ao Cretáceo, numa espessura máxima de 3200 m, recobertos por lavas basálticas do Cretáceo.

As rochas da margem nordeste da Bacia do Paraná podem ser agrupadas em dois grandes conjuntos: Paleozóico e Mesozóico. A sequência paleozóica inicia com clásticos de origem glacial e fluvio-glacial passando a costeiro. A sequência mesozóica, constitui-se de uma alternância de fácies arenosas e derrames basálticos em sucessão vertical. (Tabela IV.9).

TABELA IV.9

Coluna estratigráfica na Bacia do Paraná.

PERÍODO	GRUPO	FORMAÇÃO
Cretáceo Sup. Cretáceo Inf.		Bauru Caiuã
Cretáceo Jurássico	São Bento	Serra Geral Botucatu Piramboia
Permiano	Passa Dois	Corumbatai Irati
Permiano Carbonífero	Tubarão	

Fonte: IGG, 1974.

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

O Grupo Tubarão consiste de tilitos intercalados em sedimentos clásticos de granulação variável de finos a conglomeráticos; ocorrem também calcários, carvão e siltitos marinhos. Este grupo atinge sua maior espessura no Estado de São Paulo (1384 m) e está depositado diretamente sobre o Embasamento Cristalino Pré-Cambriano (ROCHA CAMPOS, 1967).

A Formação Irati constitui a base do Grupo Passa Dois; são folhelhos pretos, pirobetuminosos, com nódulos e lentes de calcário

dolomítico associados (MENDES, 1967). A importância econômica destes se
dimentos está evidenciada pela existência de óleo nos folhelhos e no uso
do calcário como corretivo de solos.

A Formação Estrada Nova representa a mais espessa sequência
do Grupo Passa Dois, atingindo até 1000 metros; predominam clásticos fi
nos, de siltitos a arenitos, com calcarenitos e galhas de argila associada
dos. Nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul podem ser
diferenciadas fácies distintas. Entretanto, no Estado de São Paulo, so
mente foi notada a fácies Paranapanema, constituída de siltitos cinza-
claro, com fratura conchoidal.

A Formação Rio do Rastro ocorre em superfície somente nos
Estados de Santa Catarina e Paraná, restringindo-se à parte mais espessa
da Bacia do Paraná. Constitue-se, genericamente, de siltitos com lentes
de arenitos e estratificação horizontal (GORDON, 1947).

Os arenitos eólicos com estratificação cruzada de larga es
cala, intercalados ou sotopostos nas lavas basálticas, constituem a For
mação Botucatu (SALAMUNI e BIGARELLA, 1967). Os arenitos apresentam gra
nulação fina à média, grãos sub-angulares e arredondados com superfície
fosca, estratificação eólica típica e cores que variam do amarelo ao ver
melho. Em alguns lugares estão associados a arenitos fluviais, denominada
dos fácies Pirambóia. Arenitos com estratificação cruzada que se sobre
põem às lavas basálticas no Estado de São Paulo foram denominados de

Formação Caiuã. Entretanto, outros autores preferem considerar essa se quência como continuação da Formação Botucatu, não separando estratigra ficamente.

A Formação Serra Geral é constituída de lavas basálticas de composição toleíítica, produto de intensa atividade diastrófica que ocorreu no final do Jurássico e início do Cretáceo (CORDANI e VANDOROS, 1967).

A Formação Bauru sobrepõe-se às lavas basálticas, em gran de extensão no Estado de São Paulo e Minas Gerais. Segundo MEZZALIRA (1974) compreende arenitos, siltitos, conglomerados, argilitos e calcã rios. O arenito, de granulação fina a média, tem grãos de quartzo, angu losos a subarredondados e mais raramente, arredondados.

Os siltitos são de cores rosa, vermelha e pardo, estrutu ra maciça e cimento calcífero. Os argilitos são raros e ocorrem em len tes. Os "cãlcãrios" são arenitos e siltitos com cimento carbonático em percentagem variável. Fisiograficamente a Formação Bauru apresenta um re levo de ondulações suaves que formam o Planalto Ocidental de São Paulo. No Estado de Minas Gerais a Formação Bauru ocorre com duas fãcies: Ubera ba e Ponte Alta. A fãcies Uberada tem distribuição geográfica restrita aos arredores de Uberaba e consiste de rochas epiclãsticas de ambiente fluvial principalmente arenitos, conglomerados, siltitos e argilitos vul cãnicos. A fãcies Ponte Alta compõe-se de uma sucessão de arenitos calcíferos e calcãrios conglomeráticos (LADEIRA et al, 1971; HASUI, 1968 e 1969).

- INTREPRETAÇÃO GEOLÓGICA

A interpretação geológica das rochas sedimentares da Bacia do Paranã foi prejudicada principalmente pela existência de extensa cobertura detrito-laterítica de idade Terciário-Quaternária e pela grande espessura dos solos. A área delimitada como de ocorrência dos basaltos da Formação Serra Geral pode em grande parte estar coberta por solos e muitas vezes por arenitos da Formação Bauru.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPPETAÇÃO

Foram diferenciadas somente algumas unidades de interpretação, refletindo a monotonia do relevo e padrão de drenagem na área de estudo.

- As unidades Ppd e Jb: distribuem-se a oeste da Represa de Furnas, exibindo superfície rugosa, cobertura vegetal de densidade variada e cultivada. A unidade Ppd mostra manchas de tom cinza médio a claro em ambas as bandas 5 e 7; sua diferenciação com a unidade Jb é baseada unicamente na diferença de tonalidade cinza mostrada na banda 5, portanto o contato entre ambas unidades é tentativo e inferido. A unidade Jb, na referida banda, apresenta tom cinza mēdio mais escuro que o mostrado pela unidade Ppd.

- Unidade β : possui ampla ocorrência na região do rio Grande. Mostra relevo plano, padrão de drenagem dendrítico, com textura média, tom cinza médio nas bandas 5 e 7, com cobertura vegetal, cultivada com glebas de formas geométricas indicando a intensidade do uso da terra. A região a norte de Franca, exibe feições bastante diferentes da região acima mencionada, mostrando relevo rugoso, textura de drenagem mais fina, manchas de tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7. No Mapa 1 é mostrado este contato somente para referência e controle.
- Unidade Kb: exibe relevo plano, padrão de drenagem dendrítico, com textura fina e tom cinza médio mais escuro que a unidade β na banda 5.
- Unidade TQ1: possui ampla distribuição na borda da bacia. Mostra relevo plano, limitado na sua maior parte por escarpa erosional, padrão de drenagem dendrítico, com textura grosseira, tom cinza escuro a médio na banda 5 e tom cinza claro com manchas escuras na banda 7, com cobertura vegetal de densidade variada, e cultivada.

4.8 - GEOLOGIA DA BACIA SANFRANCISCANA

GENERALIDADES:

O termo Bacia Sanfranciscana foi adotado em Mesa Redonda durante o 25º Congresso Brasileiro de Geologia para a região de ocorrência de sedimentos cretáceos do Estado de Minas Gerais. Estão separados do

Cretáceo da Bacia do Paran pelo Arco do Alto do Paranaíba, denominação adotada pela citada Mesa Redonda. Estes sedimentos cretácicos possuem lar ga distribuição geográfica desde o oeste de Minas Gerais até o Sul do Ma ranho e Piauí (Tabela IV.10).

Os problemas decorrentes da diversificação de mapeamentos, e grande extensão da área foram debatidos naquela ocasião, chegando-se a uma uniformidade de taxonomia estratigráfica e correlação entre as duas bacias (LADEIRA et al, 1971).

TABELA IV.10

Coluna estratigráfica da Bacia Sanfranciscana

PERÍODO	FORMAÇÃO	FCIES
Cretáceo	Urucuia	
	Mata da Corda	Capacete Patos
	Areado	Três Barras Quirico Abaeté

Fonte: LADEIRA et al, 1971.

- DESCRIÇÃO DAS LITOLOGIAS

A Formação Areado é dividida em três fácies: Abaeté, Quiricô e Três Barras. A fácies Abaeté é constituída de conglomerados, conglomerados arenosos e arenitos conglomeráticos de ambiente subaquático. A fácies Quiricô corresponde a uma sucessão de arenitos com intercalações de argilitos e siltitos (SAD et al, 1971). Os arenitos são calcíferos de cores rosadas e estratificação plano-paralela ou cruzada de pequenas dimensões. A fácies Três Barras é caracterizada por arenitos com estratificação cruzada, matriz síltica e nódulos calcíticos. O ambiente de sedimentação é fluvio-lacustre com predominância de deltaico.

A Formação Mata da Corda possui duas fácies bem características: Patos e Capacete. Segundo LADEIRA e BRITO (1968) a fácies Patos é representada pelos tufos e lavas ultrabásicas alcalinas que ocorrem na região de Patos (SAD et al, 1971); a fácies Capacete, por arenitos e conglomerados cineríticos de cor verde, estratificação cruzada e ambiente subaquático.

O limite norte da Formação Mata da Corda coincide com os vales dos rios Negros e Paracatu. Desta linha para Norte, os arenitos perdem a característica cinerítica, são vermelhos, com matriz montmorilonítica e recebem a denominação de Formação Urucuia.

- INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

A interpretação Geológica das rochas cretácicas da Bacia Sanfranciscana foi facilitada pelo fato de ocorrerem sempre em atitude horizontal e em discordância sobre rochas do Pré-Cambriano.

Foram mapeadas unidades a nível de grupo. Maior detalhe e precisão seria atingido se fosse possível a observação do relevo por estereoscopia.

- DESCRIÇÃO DAS UNIDADES DE INTERPRETAÇÃO

- Unidade Ka: ocorre a oeste da Represa de Três Marias e sobrepõe-se em discordância nas unidades pEb5 e pEb6. Possui padrão de drenagem dendrítico, com textura fina, relevo rugoso, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, com cobertura vegetal de densidade variada e não cultivada.
- Unidade Kmc: também distribue-se a oeste da Represa de Três Marias, mostra relevo plano, falta de drenagem, tom cinza médio na banda 5 e tom cinza claro na banda 7, e com cobertura vegetal densa variável.

As unidades Kui, Kum e Kus possuem ampla distribuição no flanco oeste da região do Médio São Francisco.

- As unidades Kui e Kum: são caracterizadas por relevo plano, textura de drenagem grosseira, tom cinza claro em ambas as bandas 5 e 7, mata de galeria e não cultivadas. A diferença entre ambas é que a unidade Kum apresenta padrão de drenagem paralelo e é limitada por escarpa erosional bem definida, na qual se baseia a diferenciação.
- A unidade Kus: mostra relevo plano, sem drenagem desenvolvida, limitada por escarpa erosional, tom cinza médio a escuro na banda 5 e tom cinza médio a claro na banda 7, com cobertura vegetal de densidade variada e não cultivada.

4.9 - COBERTURAS DETRÍTICAS TERCIÁRIO-QUATERNÁRIAS

As coberturas detríticas Terciário-Quaternárias possuem grande extensão apresentando espessuras bastante variadas. Ocorrem principalmente no pediplano entre as Serras do Estreito e do Boqueirão, ao longo da planície do rio São Francisco e na região do Planalto Central.

Na área do pediplano esta cobertura é representada pela Formação Serra da Tabatinga (DNPM, 1973), constituída, segundo WINGE (1968) de "lateritas e areias lateritizadas de idade Terciária". Possui espessura máxima de 30 m e recobre rochas metamórficas do Prê-Cambriano.

Uma cobertura sedimentar na Serra do Espinhaço, foi descrita por Hartt (DERBY, 1906), constituída de arenitos friáveis de provável

idade Terciária. Cobre extensas áreas no vale do rio Jequitinhonha, formando colinas com topo plano, espessura aproximada de não mais que 100 m.

Ao longo da planície do rio São Francisco, os sedimentos detríticos, na porção final do médio curso, recobrem unidades dos Grupos Santo Onofre e Chapada Diamantina; a montante, recobrem rochas do Grupo Bambuí. Possuem espessura variável, podendo ser superiores a 10 m. Nas baixadas aluviais do rio São Francisco, constituem camadas horizontais de areias com níveis argilosos. Estes sedimentos foram denominados de Formação das Vazantes (MORAES REGO, 1926). Prolongam-se com grande expressão até a planície do rio Paracatu.

No Planalto Central a cobertura detrítica foi laterizada, apresentando feição geomórfica característica. Estes sedimentos recobrem grandes extensões, impedindo o mapeamento das unidades subjacentes pelo método de fotointerpretação.

Os sedimentos detríticos recentes distribuem-se ao longo da planície aluvionar do rio São Francisco, na qual canais abandonados, lagos em crescente, cicatrizes de meandros e barras de areia estão bem evidenciados.

Estas unidades foram descritas em conjunto com as demais unidades de interpretação, observada a sua principal área de ocorrência. Foram representadas pelos símbolos: TQst, TQs, TQ, TQ1, Qa.

4.10 - ESTRUTURAS GEOLÓGICAS E RECURSOS MINERAIS

A imagem MSS/ERTS, devido à sua extensa área de cobertura, aproximadamente 34000 Km², capacita o intérprete a descobrir diferenças geomórficas sutis em longas distâncias. Assim, fornece uma distinta vantagem na identificação de feições dobradas e feições lineares, que são usualmente indicativas de falhas, fraturas ou juntas.

A interpretação de dobras é baseada nas seguintes categorias principais de reconhecimento:

- a) Expressão geomórfica;
- b) Distribuição de unidades litológicas;
- c) Padrão de drenagem.

Na interpretação de falhas, as principais categorias de reconhecimento são:

- a) Escarpas, por serem das mais conspícuas e comuns indicações de falha;
- b) Lineamentos topográficos;
- c) Unidades litológicas diferentes, em contato por escarpas retilíneas ou suavemente curvas;
- d) Unidades litológicas diferentes, em contato por feição suavemente curva ou linear;

- e) Truncamento de unidade através de uma feição linear;
- f) Anomalia de drenagem.

A interpretação de fraturas ou diáclases baseia-se nas seguintes categorias principais de reconhecimento:

- a) Lineamentos;
- b) Padrão de drenagem.

Com base nestes critérios de reconhecimento de feições geológicas estruturais, diversas dobras (sinclinais e anticlinais), falhas e fraturas são mostradas no mapa de interpretação geológica (Mapa 1).

Na área de estudo, de um modo geral, as lineações estruturais possuem uma direção geral NNW-SSE e N-S.

Na região da Serra do Espinhaço, domínio tectônico da Plataforma do São Francisco, as grandes falhas, conhecidas na literatura e que colocam o Grupo Minas em contato com o Grupo Bambuí, são prontamente reconhecidas. Resultante da interpretação, o padrão estrutural possui direção preferencial N-S a NNW-SSE, que coincide com os dados da literatura. Foi identificada a extensa falha na região próxima ao vale do rio Jequitinhonha.

Na região da Represa de Furnas, Planalto Central e a norte de Brasília, domínio tectônico dos maciços antigos remobilizados no Brasileiro e da faixa de dobramentos Brasília, o padrão estrutural segue a direção geral N-S. Somente na região da Represa de Furnas, o padrão estrutural é NW-SE, onde também é reconhecido uma zona de dobras, onde ocorre a intrusão de Tapira.

As cristas de rochas do Grupo Bambuí, com centenas de quilômetros, e que formam dobramentos fechados, são perfeitamente perceptíveis nas imagens. As grandes falhas de empurrão, que colocam o Grupo Araxá em contato com o Grupo Canastra, e este com o Grupo Bambuí (BARBOSA et al, 1970) não foram observadas com a mesma importância tectônica.

A região da bacia do São Francisco, dominada pela feição tectônica da cobertura Pré-Cambriana da Plataforma, possui três porções distintas. A porção sul, tectonicamente mais afetada apresenta, próximo à Serra do Espinhaço, feição linear de direção NNW-SSE e N-S, indicação dada pelos extensos cursos de rios, como o das Velhas. Este padrão é praticamente paralelo à direção da grande falha da Serra do Espinhaço, indicando provável reflexo em rochas do Grupo Bambuí. Próximo à Represa de Três Marias, há uma mudança na feição linear para a direção NNE-SSW, como indicam os cursos dos rios São Francisco, Indaiá e Abaeté. Porém, extensas falhas e fraturas conhecidas e interpretadas possuem direção NNW-SSE e N-S e demarcam o limite entre as zonas tectônicas da Plataforma do São Francisco a leste e dobramentos Brasília a oeste.

A porção norte parece estar tectonicamente menos afetada, pois não ocorrem falhas com grande expressão. Basicamente ocorrem dois padrões; um Norte-Noroeste, na região a oeste de Montes Claros e Itacarambi, associado à mineralização plumbo-zincoferá; o outro, aproximadamente Norte-Sul. Salienta-se, que a predominância litológica em toda a porção norte no Grupo Bambuí é de rochas carbonáticas.

A porção nordeste, na Chapada Diamantina, está também tectonicamente afetada. São reconhecidos os lineamentos das faixas dobradas, que constituem anticlinais e sinclinais no Grupo Chapada Diamantina. Os eixos das dobras na região sul possuem direção NNW-SSE e na região norte, apresentam direção NE-SW.

Na Bacia do Paraná, Maranhão e Sanfranciscana, domínios de coberturas Paleozóicas e pós-Paleozóicas, não foi observado padrão estrutural definido. Na Bacia do Maranhão foi observada a falha de Lizarda, com direção Nordeste; duas outras falhas, com direção Leste-Oeste, foram interpretadas, interceptando a falha de Lizarda; estas não aparecem nos mapas publicados recentemente (DNPM, 1974). Na Bacia Sanfranciscana, na região de predomínio dos arenitos da Formação Urucuia, há feição linear de direção NE-SW, cuja indicação é fornecida pelos extensos rios (Carinhanha, Formoso, Correntina, das Femeas, das Pedras, etc.) e exemplar padrão de drenagem paralela.

As estruturas circulares, correspondendo a intrusões de caráter alcalino e básico-ultrabásico, quando conhecidas na literatura,

foram identificadas com símbolo (λ); aquelas interpretadas, porém desconhecidas, foram somente demarcadas com tracejado curto, fornecendo ordem de grandeza das dimensões.

Não foram reconhecidos nas imagens, o granito de Correntina que ocorre ao longo do vale de nome homólogo, a intrusão alcalina de região de Pantano (MG) e as ultrabásicas do Redondão (DNPM, 1974) e do Espinhaço, por possuírem dimensões restritas na escala ao milionésimo.

O mapa de isoanomalia de intensidade total do campo magnético terrestre do Estado de Minas Gerais (BOSUM, 1973) foi comparado com os resultados obtidos na interpretação. As intensas anomalias reconhecidas foram correlacionadas às formações ferríferas, derrames básicos, intrusões alcalinas (Tapira, Araxá, Salitre e Serra Negra) e coberturas lateríticas. Entretanto, uma extensa faixa de anomalias com direção noroeste, ligando as intrusões alcalinas não foi correlacionado a nenhum padrão estrutural nas imagens. Há, apenas, uma correlação aproximada com a linearidade de cursos secundários, embora haja na área, linearidade de rios mais proeminentes. Entretanto, esta faixa de anomalias deve estar associada ao enxame de diques básicos citados em BARBOSA et al (1970) de rumo NW, desde a cidade de Catalão até pouco a norte de Patrocínio e que não foram diferenciados nas imagens. Ressalta-se que parte da imagem desta área se apresenta com cobertura de nuvens e sombras, dificultando uma melhor interpretação.

Na presente pesquisa, foram localizados os recursos minerais que ocorrem nas rochas do Grupo Bambuí, principalmente chumbo e zinco, apesar de ocorrerem importantes depósitos de ferro no Quadrilátero Ferrífero e mineralizações de tório, titânio e terras raras nas alcalinas do Triângulo Mineiro.

Os bens minerais não ferrosos, associados às rochas do Grupo Bambuí na área de estudo, são principalmente constituídos de minérios de zinco, chumbo, fluor, vanádio e prata.

O minério de zinco representa o recurso mineral de maior importância e em sua paragénese estão o chumbo, fluor, prata e vanádio. As principais ocorrências localizam-se no Estado de Minas Gerais, nos municípios de Belo Horizonte, Itacarambi, Januária, Montalvânia, Paracatu, Unaí e Vazante. A reserva principal está em Vazante, e os minerais predominantes são de zona de oxidação, encontrando-se também sulfetos envolvidos por minerais enriquecidos (AMARAL, 1968). A reserva medida de minério de zinco, no Brasil, está na ordem de 6.500.000 ton., com teor médio de 16% Zn (BARONE, 1973).

O minério de chumbo tem suas principais ocorrências no Estado de Minas Gerais, municípios de Itacarambi, Januária, Montalvânia, Paracatu, Vazante e no Estado da Bahia, municípios de Xique-Xique, Santa Maria da Vitória e Norporé. A principal reserva está no município de Boquira (BA), encaixada em rochas metamórficas do embasamento; as ocorrências

de Januária e Itacarambi (ROBERTSON, 1963) são ricas em chumbo e vanádio. A mineralização está na forma de filões e veios em fraturas (CASSEDANE, J., 1964, 1968a, b e 1969; CASSEDANE, J. e CASSEDANE, J.O., 1962). A reserva medida de minério de chumbo, no Brasil, é de cerca de 1.000.000 ton., com teor médio de 8% Pb (ROCHA, 1973).

A fluorita ocorre em rochas do Grupo Bambuí, isoladamente ou associada a zinco, chumbo e prata. As principais ocorrências, no Estado de Minas Gerais, estão nos municípios de Januária e Manga e na Bahia, no município de Bom Jesus da Lapa. Entretanto, as principais minas e ocorrências localizam-se no Estado de Santa Catarina. As ocorrências, estão na forma de veios ou filões e depósitos em camadas ou de substituição. A reserva medida de fluorita, no Brasil, é de aproximadamente 980.000 ton., com teor médio de 66% Ca F₂ (BEVILACQUA, 1973).

As principais ocorrências destes bens minerais foram localizados no mapa de interpretação geológica (Mapa 1).

Devido à carência destes recursos e tendo em vista que 40% da produção mundial de chumbo e zinco são provenientes de sequências carbonáticas, de plataforma ou de geossinclinal (GONÇALVES, 1973), foi feita uma tentativa de um melhor conhecimento do padrão de ocorrências destes minerais no Grupo Bambuí. É conhecido em literatura, que a área mineralizada de Vazante está associada a uma zona de falha de direção nordeste, em rocha carbonática e as ocorrências de Januária estão associadas a

zonas de fraturas de direção noroeste, em calcários e as zonas mais permeáveis, paralelas ao acamamento (brecha de falha, brecha intraformacional, calcário oolítico); e que a quase totalidade das ocorrências minerais de zinco-chumbo, no Grupo Bambuí, está associada a rochas carbonáticas e zonas de fraturas ou falhas, indicando controle litológico-estrutural.

Devido às dimensões restritas, em superfície, das ocorrências minerais conhecidas e a dificuldade, ou mesmo, impossibilidade de identificação destas áreas minerais em imagens MSS/ERTS devido a baixa resolução, houve imprecisão na locação dos dados conhecidos no mapa de interpretação geológica (Mapa 1). Entretanto, é interpretada uma associação de estruturas geológicas com as ocorrências minerais conhecidas, principalmente na área de Vazante, citada em literatura e a leste de Carmo do Paranaíba (Tiros), as quais também localizam-se em área tectonicamente afetadas, situando-se entre duas extensas zonas de falhas e fraturas de direção N-S e NNW-SSE. Na área de Januária e adjacências, algumas direções de fraturas foram observadas, porém não foi identificada uma associação de direção estrutural dominante com as ocorrências conhecidas.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

É possível o mapeamento foto-geológico com imagens ERTS:

- a) em escala de reconhecimento, ao milionésimo ou menor.
- b) em áreas com pouca cobertura de solo, onde a expressão geomórfica da rocha pode se refletir nas imagens.

Para intérpretes sem conhecimento prévio da área, é possível identificação de unidades de mapeamento, porém há necessidade de verificação de campo para a correta interpretação.

Mapeamento de rochas sedimentares é de precisão limitada devido à existência de afloramento com pequena extensão, maior cobertura de solos e rocha intemperizada e também pelo carácter transicional e fósilífero dos contatos entre formações. Somente unidades com contrastantes feições geomórficas podem ser separadas.

A falta de estereoscopia limita o mapeamento de rochas sedimentares.

PÁGINA ORIGINALMENTE EM BRANCO

AGRADECIMENTOS

Ao completar esta Dissertação de Mestrado os autores desejam expressar gratidão às pessoas que tornaram possível a pesquisa:

Dr. Fernando de Mendonça, Diretor Geral do Instituto de Pesquisas Espaciais

Sr. Renē Antônio Novaes, Gerente da Coordenação de Projetos de Pesquisas de Recursos Naturais/INPE

Dr. Gilberto Amaral, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - Orientador

Dr. Aderbal Caetano Correa, da Coordenação de Projetos de Pesquisas de Recursos Naturais/INPE

Dr. Fernando Flávio Marques de Almeida, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Dr. José Humberto de A. Sobral, da Coordenação de Projetos de Pesquisas de Recursos Naturais/INPE

Dr. Ricardo A.R. Palmeira, da Divisão de Ensino/INPE

Dr. Luiz Gylvan Meira Filho, Diretor Científico do Instituto de Pesquisas Espaciais

Prof. Nilo Clemente Eick, do Instituto de Geociências da UFRGS

Prof. Natalio Gamermann, do Instituto de Geociências da UFRGS

Sra. Heloísa Muccillo Saraiva, Chefe da Biblioteca do Instituto de Geociências da UFRGS

Srta. Regina Célia Pisanelli, Bibliotecária da Divisão de Banco de Dados/INPE

Sra. Maria do Carmo Silva Soares, Secretária Executiva da Coordenação de Projetos de Pesquisas de Recursos Naturais/INPE

Srta. Aparecida Santos, Secretária Executiva da Direção Geral do Instituto de Pesquisas Espaciais

Srta. Aparecida Alves Cardoso, Secretária da Coordenação de Projetos de Pesquisas de Recursos Naturais/INPE

Sra. Lourdes Nunes Coelho, Secretária do Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da UFRGS

Sr. Reynaldo Silveira Frossard, Desenhista do Instituto de Pesquisas Espaciais

Sr. Nelson Bittencourt, Desenhista do Instituto de Geociências da UFRGS

BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A.N. - "Problemas do mapeamento geomorfológico no Brasil".
Geomorfologia, 6: 1-15, 1969.
- - "Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil".
Geomorfologia, 20: 1-26, 1970.
- AGUIAR, G.A. de - "Revisão geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão".
In: *Anais do 25*, Congresso Brasileiro de Geologia. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, V.3 113-122.
- ALMEIDA, F.F.M. de - "Diferenciação tectônica da plataforma brasileira".
In: *Anais do 23*, Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1969, 29-46.
- - "Geochronological division of the pre-cambrian of South America".
Revista Brasileira de Geociências, 1(1): 13-21, 1971.
- - "Observações sobre o pré-Cambriano da região Central de Goiás".
Boletim Paranaense de Geociências, 26: 19-22, 1967a.
- - "Origem e evolução da plataforma brasileira". *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 241: 1-36, 1967b.
- ALMEIDA, F.F.M. de; AMARAL, G.; CORDANI, V.G.; KAWASHITA, K. - *The pre-cambrian evolution of the south american cratonic margin south of the Amazon river*". In: NAIRN, A.E.M.; STEHLI, F.G. ed. - *The Ocean basins and margins*. New York, Plenum, 1973, 411-446.

- ALVES, B.P. - "Distrito nióbio-titanífero de Tapira". *Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral do DNPM*, 108: 1-48, 1960.
- AMARAL, G. - "Contribuição ao conhecimento dos depósitos de Zn-Pb-Cu-Ag da Serra do Poço Verde, Vazante, Estado de Minas Gerais". In: *Anais do 22*; Congresso Brasileiro de Geologia. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1968, 13-32.
- - *Condicionamento geológico das ocorrências de chumbo e zinco em minas no Grupo Bambuí em Minas Gerais*. 1974, 17. (Inédito)
- AMARAL, G.; KAWASHITA, K. - "Determinação de idade do Grupo Bambuí pelo método Rb-Sr". In: *Anais do 21*; Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia, 1967, 214-217.
- AZEVEDO, L.G. de - "Tipos eco-fisionômicos da vegetação da região de Janaína (MG)". In: *Anais da Academia Brasileira de Ciências; Suplemento*, 38: 39-57, 1966.
- BARBOSA, O. - "Pesumo da geologia do Estado de Minas Gerais". *Boletim do Departamento dos Serviços Geográficos e Geológicos*, 3: 1-40, 1934.
- BARBOSA, O.; BRAUN, H.H.G. - "Mapa geológico da região nordeste de Goiás e sul do Maranhão". In: *Relatório Anual do Diretor da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*. Rio de Janeiro, 1960, 31-34.
- BARBOSA, O.; OPPENHEIM, V. - "Sobre a geologia da Bacia do São Francisco no norte de Minas Gerais". *Mineração e Metalurgia*, 2(7-8): 37-43, 121-124, 1937.

- BARBOSA, O.; BRAUN, O.P.G.; DYER, R.C.; CUNHA, C.A.B.R. - "Geologia da região do Triângulo Mineiro". *Boletim da Divisão de Fomento da Produção Mineral do DNPM*, 136: 1-140, 1970.
- BARONE, R.D.T. - "Perfil analítico do zinco". *Boletim do DNPM*, 26: 1-37, 1973.
- BARRETO, A.R.; SANTOS, A. e PALMEIRA, P.A.R. - "Normas para elaboração e reprodução de documentos do INPE". São José dos Campos, INPE, março, 1975. (INPE.618-DIV/001).
- BEURLEN, H. - "Notas preliminares sobre a geologia da folha de Paratinga (BA)". *Boletim de Estudos da Divisão de Geologia da SUDFNE*, 4: 43-47, 1968.
- BEVILACQUA, C.T. - "Perfil analítico da fluorita". *Boletim do DNPM*, 14: 1-40, 1973.
- BOSUM, W. - "O levantamento aeromagnético de Minas Gerais e Espírito Santo e sua sequência quanto à estrutura geológica". *Revista Brasileira de Geociências*, 3(3): 149-159, 1973.
- BRANCO, J.J.R. ed. - "Roteiro para a excursão Belo Horizonte-Brasília". *Boletim do Instituto de Pesquisas Radiativas da Escola de Geologia da UMG*, 15: 1-119, 1961.
- BRAUN, O.P.G. - "Contribuição à estratigrafia do Grupo Bambuí". In: *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1968, 155-166.

- BRAUN, O.P.G.; DYER, R. - "Excursão à região de Posse-Goiás". In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 24; *Roteiro das Excursões*. Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, 1970, V.2 131-137.
- BRAZ, A. - "Geologia do noroeste da Bahia". In: *Anais do 26º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1972, V.1 89-93.
- CAMPBELL, D.F.; COSTA, L.A.M. - "Reconhecimento regional através de geosinclíneo centro-leste brasileiro". *Notas Preliminares e Estudos do DNPM*, 124: 1-46, 1965.
- CARDOSO, M.F.T. - "Esboço morfológico do Planalto Ocidental do São Francisco". *Revista Brasileira de Geografia*, 18(1): 87-92, 1957.
- CARDOSO, R.N. - "Nota sobre a geologia do Grupo Bambuí na região de Buenópolis (Minas Gerais)". In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 27; *Resumo das Comunicações, Seções Técnicas*. Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, V.1 109-111.
- CASSEDANE, J. - "Contribution a l'etude des calcaires de Bambuí: microfacies et analyses des formations carbonatées encaissant des gites de plomb et zinc brasiiliens". *Boletim do Instituto de Geociências da UFRJ; Geologia*, 2: 35-61, 1968a.
- - "Les mineralisations plombo-zincifères du Groupe Bambuí". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41(4): 549-563, 1969.
- - "Repartition lineamentaire des gites de plomb et de zinc du Brésil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40: 55-74, 1968b.

- - "Revision des gisements de plomb et de zinc du nord-est et du centre du Brésil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 36(2): 151-158, 1964.
- CASSEDANE, J.; CASSEDANE, J.O. - "Mineralogie des gites de plomb et de zinc du Brésil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 44(3-4): 455-469, 1962.
- COBRA, R.Q. - "Laminação de fluxo de cisalhamento na Serra do Espinhaço, Minas Gerais". *Série Especial da Divisão de Geologia da SUDENE*, 11: 1-38, 1969.
- COLVOCORESSES, A.P. - "ERTS-A satellite imagery". *Photogrammetric Engineering*, 36(16): 555-560, 1970.
- - *Evaluation of the first Earth Resources Technology Satellite (ERTS-1) for cartographic application*. 10, 1974. (Comunicação privada).
- - "Image resolutions of ERTS, SKYLAB and GEMINI/APOLO". *Photogrammetric Engineering*, 36(1): 33-35, 1972.
- COLVOCORESSES, A.P.; McEWEN, R.B. - "Progress in Cartography, EROS program". In: *Symposium on significant results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Washington, NASA, 1973, V.1, Section E 887-898.
- CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. - "Basaltic rocks of the Paraná Basin". In: BIGARELLA, J.J. et al ed. - *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1967, 207-231.

- CORDANI, U.G.; MELCHER, G.C.; ALMEIDA, F.F.M. de - "Outline of the pre-Cambrian geochronology of South America". *Canadian Journal of Earth Sciences*, 5: 629-632, 1968.
- COSTA, F.G.; HEINECK, C.A. - "Geologia estrutural da região do Cedro do Abaeté". In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 24; Resumo das Conferências e Comunicações*. Brasília, Sociedade Brasileira de Geologia, 1970, V.1 151-152.
- COSTA, L.A.M. da; ANGEIPAS, A.G.; VALENÇA, J.G.; STEVENAZZI, V. - "Novos conceitos sobre o Grupo Bambuí e sua divisão em Tectonogrupos". *Boletim de Geologia do Instituto de Geociências da UFRJ*, 5: 1-35, 1970.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO - *Atlas pluviométrico do Estado de São Paulo*. São Paulo, 1972.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNP) - *Carta geológica do Brasil ao milionésimo - Pio São Francisco*. Brasília, Divisão de Geologia e Mineralogia, 1974.
- - *Esbôço de geologia regional. Projeto Rúbio*. Rio de Janeiro, 1972a. (Inédito).
- - *Esbôço geológico do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 1968. (Inédito).
- - "Esbôço geológico do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais". *Publicação Especial do DNPM*, 1: 1-120, 1959.
- - *Geologia das Folhas São Francisco (SC-23) e Aracaju (SC-24)*. Rio de Janeiro, Projeto RADAM, 1973.

- - *Mapa geológico do Brasil*. Rio de Janeiro, 1971a.
- - *Mapa geológico do Estado de Goiás*. Goiânia, 1972b. (Inédito).
- - *Mapa tectônico do Brasil. Boletim (1)*. Rio de Janeiro, 1971b.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS) - *Mapa pluviométrico do Nordeste do Brasil*. Fortaleza, 1969.
- DERBY, O. - "Geology of the Pio São Francisco, Brazil". *The American Journal of Science*, 19: 236, 1880a.
- - "Reconhecimento geológico dos vales dos Pios das Velhas e Alto São Francisco". In: *Relatório do Ministério da Agricultura, Comércio e Obras Públicas*. Rio de Janeiro, 1882, 38.
- - "Reconhecimento geológico do vale do Rio São Francisco". In: *Relatório da Comissão Hidrogeológica do São Francisco; anexo*. Rio de Janeiro, 1880b, 24.
- - "The Serra do Espinhaço, Brazil". *The Journal of Geology*, 14: 374-401, 1906.
- VON ESCHMEGE, W.L. - *Beitrag zur Gebirgskunde Brasiliens: mit vier petrographischen geognostischen Karten und Profildurchschnitten*. Berlin, 1832.
- - *Geognostisches Gemälde von Brasilien und wahrscheinliches Muttergestein der Diamanten*. Weimar, 1822.
- FALCÃO, H. - "Súmula de ocorrências de calcário no Brasil". *Avulso do Laboratório da Produção Mineral do DNPM*, 15: 1-89, 1967.

- FREITAS, R.O. de - "Ensaio sôbre a tectônica moderna do Brasil". *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, Geologia*, 130(6): 1-120, 1951.
- VON FREYBERG, B. - "Ergebnisse geologischer Forschungen in Minas Gerais (Brasilien)". *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*. 1-403, 1932.
- _____ - "Resultado das pesquisas geológicas em Minas Gerais, Brasil". In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 19; Simpósio das Formações Eopaleozóicas do Brasil*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1965, 222.
- GIRARD, L.C. - *Áreas e épocas favoráveis aos vôos aerofotogramétricos*. São José dos Campos, Centro Técnico Aeroespacial, Instituto de Atividades Espaciais, 1973. (IAE-M-03/73).
- GODOY, M.P. de - "Notícia sobre a geologia da bacia mineira do médio São Francisco". *Revista Mineira de Engenharia*, 20(73), s.d.
- GONÇALVES, G.N.D. - "Da necessidade de uma prospecção geoquímica no Grupo Bambuí". *Mineração e Metalurgia*, 36(337): 27, 1973.
- GORDON Jr., M. - "Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul". *Notas Preliminares e Estudos do DNPM*, 38: 1-20, 1947.
- GUIMARÃES, D. - "Contribuição ao estudo das Formações Arqueo-Proterozóicas do Brasil". *Avulso da Divisão de Fomento da Produção Mineral do DNPM*. Rio de Janeiro, 89: 1-56, 1966.

- GUIMARÃES, D.; DUTRA, C.V. - "Contribuição ao estudo da Série Bambuí". *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 243: 1-27, 1969.
- HASUI, Y. - "A Formação Uberaba". In: *Anais do 22.º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1968, 167-179.
- - "O Cretáceo do oeste mineiro". *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 18(1): 39-56, 1969.
- HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M. de - "Geocronologia do Centro-Oeste Brasileiro". *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, 19(1): 5-27, 1970.
- HASUI, Y.; CORDANI, U.G. - "Idades Potássio - Argônio de rochas eruptivas mesozóicas do oeste mineiro e sul de Goiás". In: *Anais do 22.º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1968, 139-143.
- HASUI, Y.; HASSANO, S. - "Indício de um novo foco de rochas alcalinas em São Gotardo, Estado de Minas Gerais". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 41(2): 149-154, 1969.
- HOWARD, A.D. - "Drainage analysis in geologic interpretation: a summation". *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 51(2): 2246-2259, 1967.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - *Atlas Nacional do Brasil*. Rio de Janeiro, 1966.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA - *Carta do Brasil ao milionésimo*. Rio de Janeiro, 1972.

——— - *Enciclopédia dos municípios brasileiros*. Rio de Janeiro, 1959.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) - *Manual do usuário de dados do Satélite ERTS-1*. São José dos Campos, 1974. (Lafe-491).

INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO - "Geologia do Estado de São Paulo". *Boletim do I.G.G.*, 41: 1-263, 1964.

——— - *Mapa geológico do Estado de São Paulo*. Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura, 1974.

KEGEL, W.; BARROSO, J.A. - "Contribuição à Geologia do médio São Francisco, na região de Juazeiro". *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 255: 1-24, 1965.

KING, L.C. - "A geomorfologia do Brasil Oriental". *Revista Brasileira de Geografia*, 18(2): 147-265, 1956.

LADEIRA, E.A.; BRITO, O.E.A. de - "Contribuição à Geologia do planalto da Mata da Corda. In: *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia, 1968, 182-199.

LADEIRA, E.A.; SALOMÃO, E. - "O cavalgamento do bordo ocidental da Bacia Bambuí. In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 27; Resumo das Comunicações, Simpósios e Conferências*. Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, V.2 190-191.

- LADEIRA, E.A.; BRAUN, O.P.G.; CARDOSO, R.N.; HASUI, Y. - "O Cretáceo de Minas Gerais (Mesa Redonda)". In: *Anais do 25º Congresso Brasileiro de Geologia*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, V.1 15-31.
- LAMEGO, A.R. - "Contribuição à Geologia do Vale do Rio Grande". *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, 70: 1-29.
- LIU, C.C.; CARRARO, C.C.; YAMAGATA, S.K. - *Geology of the areas of the upper São Francisco Basin and Furnas Dam (Brazil) based on interpretation of ERTS-1 imagery*. São José dos Campos, INPE, 1973. (Lafe-395).
- LOCZY, L. de - "Geotectonic evolution of the Amazon, Parnaíba and Paraná basins". *Anais da Academia Brasileira de Ciências; Suplemento*, 40: 231-249, 1968.
- MARCHESE, H.G. - "Litoestratigrafia y petrologia del Grupo Bambuí en los estados de Minas Gerais y Goiás, Brasil". *Revista Brasileira de Geociências*, 4(3): 172-190, 1974.
- MARGUERON, C. - "Uma política de desenvolvimento de recursos minerais brasileiros com uma orientação para o mercado de exportação". *Mineração e Metalurgia*, 36(337): 28-32, 1973.
- MELLO E ARAUJO, E.V. de - "Nota sobre uma rocha sedimentária da Série Bambuí". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 38(3-4): 451-453, 1966.

- MENDES, J.C. - "The Passa Dois Group". In: BIGARELLA, J.J. et al ed. *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1967, 119-168.
- MESNER, J.C.; WOOLDRIDGE, L.C.P. - "Maranhão paleozoic basin and cretaceous coastal basins, north Brazil". *American Association Petroleum Geologist Bulletin*, 48(9): 1475-1512, 1964.
- MEZZALIRA, S. - "Contribuição ao conhecimento de estratigrafia e paleontologia do arenito Bauru". *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 51: 1-166, 1974.
- VON DER MOHR, H.E.C.; RAKSHIT, A.M.; BHATE, V.D.; SHARMA, R.P. - "The use of ERTS-1 multispectral imagery for geological mapping". *ITC Journal*, 3: 385-394, 1974.
- MORAES REGO, L.F. de - "Reconhecimento geológico da parte ocidental do Estado da Bahia". *Boletim do Serviço Geológico e Minerológico do Brasil*, 17: 33-54, 1926.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA) - *Data user Handbook ERTS*. Goddard Space Flight Center, 1972.
- NEVES, B.B.B.; MANOEL FILHO, J. - "Geologia e províncias hidrogeológicas da Bahia". In: *Anais do 26º Congresso Brasileiro de Geologia*. Be l ê m, Sociedade Brasileira de Geologia, 1972, V.1 195-215.
- OLIVEIRA, A.I. - "Brazil". In: JENKS, W.F. ed. *Handbook of South American Geology; an explanation of the geologic map of South America*. Baltimore, Geological Society of America. 62 (Memoir 65).

- OLIVEIRA, M.A.F. - *Geologia e Petrologia da região de São José do Rio Pardo, Estado de São Paulo*. Universidade de São Paulo (Tese de Doutoramento), 1972.
- OLIVEIRA, M.A.M. de - "Contribuição à geologia da parte sul da Bacia do São Francisco e áreas adjacentes". In: *Coletânea de Relatórios de Exploração*. Rio de Janeiro, Petrobrã, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, 71-105, 1967. (Ciência, Técnica e Petrôleo, Secção Exploração de Petrôleo, Publicação 3).
- PAIVA FILHO, A.; PONÇANO, W.L. - "Mapa Geológico preliminar da região de Jequitai, Estado de Minas Gerais". In: *Anais do 26; Congresso Brasi*leiro de Geologia. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1972. V.1 95-102.
- PARVIS, M. - "Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks". *Photogrammetric Engineering*, 16: 387-407, 1950.
- PENTEADO, M.M.; RANZANI, G. - "Relatório de viagem ao médio vale do rio São Francisco". *Geomorfologia*, 40: 1-44, 1973.
- PFLUG, R. - "A Geologia da parte meridional da Serra do Espinhaço e zonas adjacentes (Minas Gerais)". *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 266: 1-55, 1965.
- - "Contribuição à paleografia da Serra do Espinhaço". *Notas preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 119, 1963.

- - "Deslizamento sinsedimentário em arenitos com estratificação cruzada da Série Urucuia, em Canoeiras (MG)". *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, 33(197): 242, 1961.
- - "Die prakanbrische miogeosynklinale der Espinhaço - Kordillere, Minas Gerais Brasiliens". *Geologische Rundschau Stuttgart*, 56: 825-844, 1967.
- - "O lineamento do rio das Velhas". *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, 35(210): 301-302, 1962.
- PFLUG, R.; CARVALHO, R.T. de - "A evolução estrutural da região de Gouvea, Serra do Espinhaço, MG". *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, 213: 1-37, 1964.
- PFLUG, R.; RINGER, F. - "A evolução geológica da margem SE do Craton de São Francisco; simposio do pré-Cambriano do Craton Sanfranciscano e parte norte-oriental do Brasil". In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 27; Resumo das Comunicações, Simposio e Conferências*. Aracaju, Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, V.2 28-30.
- PFLUG, R.; SCHOBENHAUS, C.; RINGER, F. - *Contribuição à Geotectônica do Brasil Oriental*. Recife, Divisão de Geologia da SUDENE. 1-29 (Série Especial nº 9), 1969.
- PORCHER, C.A. - *Geologia das quadriculas de Ipujiara e Oliveira dos Brejinhos (BA)*. Recife, Divisão de Geologia da SUDENE, 1970.
- PROSPEC, S.A. - "Geologia da região Central de Goiás". *Projeto Brasília*. Rio de Janeiro, DNPM, 15 mapas; escala 1:250.000, 1968a. (Inédito).

- - "Geologia da região sul de Coiás". *Projeto Goiânia*. Rio de Janeiro, DNPM, 19 mapas, escala 1:250.000, 1968b. (Inédito).
- RENGER, F. - "As rochas ultrabásicas da Serra do Espinhaço, MG". *Revista Brasileira de Geociências*, 2(3): 1515-1560, 1972.
- - "Fazies und magmatismus der Minas Série in der sudlichen Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasilien". *Geologische Rundschau*, 59(3): 1253-1292, 1970.
- PIHMANN, E. - "A kimberlita no Brasil". *Anais da Escola de Minas, Ouro Preto*, 15: 27-32, 1917.
- ROBERTSON, J.F. - "Geology of the lead-zinc deposits in the município de Januária, State of Minas Gerais, Brazil". *Geological Survey Bulletin Washington*, 1110-B: 35-110, 1963.
- ROCHA, A.J.D. - "Perfil analítico do chumbo". *Boletim do DNPM*, 8: 1-76, 1973.
- POCHA CAMPOS, A.C. - "The Tubarão Group in the brasilian portions of the Paranã basin". In: DIGARELLA, J.J. et al ed. - *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paranã, 1967, 27-102.
- ROSEMBERG, P. - "Resolution, detectability and recognizability". *Photogrammetric Engineering*, 37(12): 1255-1258, 1971.
- RUELLAN, F. - "A vocação do Planalto Central do Brasil - Comentários". *Revista Brasileira de Geografia*, 18(3): 413-421, 1956.

- SAD, J.H.G.; CARDOSO, R.N.; COSTA, M.T. da - "Formações cretáceas em Minas Gerais: uma revisão". *Revista Brasileira de Geociências*, 1(1): 2-13, 1971.
- SALAMUNI, P.; BIGARELLA, J.J. - "The Botucatu Formations". In: ——— - *Problems in Brazilian Gondwana Geology*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1967, 197-206.
- SATHLER, G. - *Síntese das ocorrências minerais no vale do São Francisco e projetos do DNPM, CPRM e SUDENE, usando seus aproveitamentos*. Rio de Janeiro, Superintendência do Vale do São Francisco, s.d. 1-14. (Inédito).
- SCHOBENHAUS, C. - "Mapa geológico preliminar da região setentrional da Serra do Espinhaço - Bahia Central (Brasil)". In: *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Geologia*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1969, 75-86.
- SHAHROKHI, F. ed. - *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, University of Tennessee, 1973, 1-783.
- STEINER, D. - "Towards earth resources satellites: the American ERTS and SKYLAB programs". *Photogrammetria*, 27: 211-251, 1971
- SUPERINTENDÊNCIA DO VALE DO SÃO FRANCISCO (SUVALE) - *Mapa Geológico da Baía do São Francisco*. Rio de Janeiro, 1967.
- TÁVORA, F.J.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. - "Determinações de idade Potássio-Argônio da região central da Bahia". In: *Anais do 21º Congresso Brasileiro de Geologia*. Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia, 1967, 234-244.

- WELCH, R. - "Cartographic quality of ERTS-1 images". In: *Symposium on significant results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1*. Washington, NASA, 1973, V.1 Section B, 879-886.
- WINGE, M. - "Geologia da região das serras do Estreito e Boqueirão - NW da Bahia e SSE do Piauí". *Boletim da Divisão de Geologia da SUDENE*, 17. (Série Geologia Regional).

APÊNDICE A

REGIÃO DO ALTO E MÉDIO SÃO FRANCISCO

MAPA DE DRENAGEM

APÊNDICE B
REGIÃO DO ALTO E MÉDIO SÃO FRANCISCO
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA