

PROJETO INTEGRADO

ANÁLISE GEOAMBIENTAL PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS CIVIS LINEARES: UMA ABORDAGEM POR SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL

Aluna: Nathália Oliveira Loyola de Souza

Orientador: Juércio Tavares de Mattos

Guaratinguetá – 2011

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL PARA O PLANEJAMENTO DE
OBRAS CIVIS LINEARES: UMA ABORDAGEM POR
SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL**

Projeto Integrado apresentado na
Disciplina Projeto Integrado II do
Departamento de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia do Campus
de Guaratinguetá, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do diploma
de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Profº Dr. Juércio Tavares de Mattos

Guaratinguetá – 2011

S729a	Souza, Nathália Oliveira Loyola de Análise geoambiental para o planejamento de obras civis lineares: uma abordagem por sensoriamento remoto orbital / Nathália Oliveira Loyola de Souza – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 79 f. : il. Bibliografia : f. 68-70 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos 1. Construção civil 2. Sensoriamento remoto. I. Título CDU 69
-------	---

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS CIVIS
 LINEARES: UMA ABORDAGEM POR SENSIRIAMENTO REMOTO
 ORBITAL**

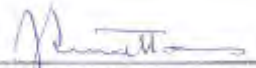
NATHÁLIA OLIVEIRA LOYOLA DE SOUZA

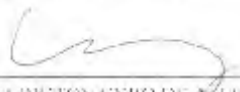
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
 PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
 "GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL"

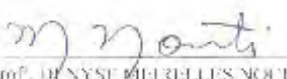
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
 GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


 Prof. Dr. SÍLVIO JORGE COELHO SIMÕES
 Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


 Prof. Dr. JURCINO TAVARES DE MATTOS
 Orientador / UNESP-FEG


 Prof. Dr. WELLINGTON CYRO DE AZEITE
 UNESP-FEG


 Prof. Dr. NYSTERELLES NORI
 UNESP-FEG

Novembro de 2011

Dedico este trabalho às todas as pessoas que me ajudaram a construir meu caminho, celebrando comigo as vitórias, me reerguendo e incentivando nas derrotas, minha mãe Vânia, meu pai Paulo e meu amado irmão Matheus.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Paulo e Vânia pelo amor, apoio e incentivo durante todos esses anos, por nunca deixarem dúvidas de que eu não sigo meu caminho sozinha. Pela educação que me deram e por não medirem esforços para me dar a oportunidade de formar em Engenharia Civil.

Ao meu amado irmão Matheus pelo amor e carinho, por sua proteção e conselhos que me auxiliaram ao longo desses anos.

Ao meu orientador e amigo, *Prof. Dr. Juércio Tavares de Mattos*, pelo seu carinho, pela sua atenção e dedicação, pelos conselhos, pelos incentivos nos momentos de desânimo, por dividir comigo suas experiências, por ser sempre uma pessoa com quem eu pudesse contar ao longo desses cinco anos.

Ao meu namorado Pedro por ser meu companheiro de todas as horas, por enfrentar comigo de perto todas as lutas e desafios do dia-a-dia e por me ajudar a conquistar minhas vitórias e celebrá-las comigo.

As minhas queridas amigas de república e aos amigos da minha turma de Engenharia Civil, que durante esses cinco anos se tornaram minha família, por todos os momentos marcantes de muitas risadas e alegrias, mas também muito estudo.

Enfim, obrigada a todos que puderam contribuir de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

"Para realizarmos grandes conquistas devemos não apenas agir, mas também sonhar. Não apenas planejar, mas também acreditar."

Anatole France

SOUZA, N. O. L. **Análise Geoambiental Para O Planejamento De Obras Civas Lineares: Uma Abordagem Por Sensoriamento Remoto Orbital** . 2011 81f. Projeto Integrado (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Obras de engenharia lineares como estradas, dutos e multidutos têm como forte característica a diversidade dos terrenos em que são implantadas. Esta diversidade envolve propriedades geológicas, geomorfológicas e estruturais variadas

A proposta deste trabalho está em caracterizar o meio físico em relação a sua capacidade de suporte para a implantação de obras civis lineares. Para isso, faz-se o uso de sensoriamento remoto orbital, neste caso, imagem Landsat – TM. Técnicas interpretativas de imagens são aplicadas no sentido de avaliar as formas de relevo e drenagem encontradas que possam definir propriedades e que integradas apresentem um significado favorável ou não à implantação dessas obras.

Os resultados e mapas temáticos apresentados neste estudo permitem promover a análise geoambiental para a fase de planejamento sustentável de obras civis lineares (estradas e multidutos).

PALAVRAS-CHAVE: Obras Civas Lineares, Planejamento, Sensoriamento Remoto Orbital.

SOUZA, N. O. L **Geoambiental Analysis for the Planning of Linear Civil Constructions: A Boarding for Orbital Remote Sensor**. 2011 81p. Projeto Integrado (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

ABSTRACT

Construction of linear engineering as, roads, ducts and multiducts as roads, has a strong feature of the diversity of land on which they are deployed. This diversity involves properties geological, geomorphological and structural variety.

The purpose of this work is to characterize the physical environment in relation to their ability to support the implementation of civil works linear. To achieve this, the use of orbital remote sensing, in this case, Landsat - TM. Interpretative techniques are applied to images in order to assess the forms of relief and drainage found that they can set properties and have built a favorable meaning or not to implement these works.

The results and thematic maps presented in this study allow us to promote the geo-environmental analysis for the planning phase sustainable linear civil constructions (roads and multiducts).

KEY WORDS: Linear Civil Constructions, Planning, Orbital Remote Sensor.

FIGURAS

Figura 2.01 - Área de Estudo. Imagem Landsat – TM, órbita/ponto 218/76S, Escala aprox.: 1:500.000.	14
Figura 3.01 - Diagrama de Fluxo de Trabalho-DFT	25
Figura 3.02 - Representação da Rede de Drenagem extraída pelo software “ARCGIS”	32
Figura 3.03 - Feições de drenagem: radiais, lineares, anelares e assimetria, seu grau em ordem de estruturação.....	33
Figura 3.04 - Mapa de Elementos Estruturais.	33
Figura 3.05 - Representação do Mapa Morfoestrutural em parte da área estudada.	34
Figura 4.01 - Imagem de densidade textural Muito alta densidade textural	37
Figura 4.02 - Imagem da densidade textural Alta densidade textural	38
Figura 4.03 - Imagem da densidade textural Moderada densidade textural	38
Figura 4.04 - Imagem da densidade textural Baixa densidade textural	38
Figura 4.05 - Imagem da propriedade da resistência à erosão Muito resistente	39
Figura 4.06 - Imagem da propriedade da resistência à erosão Resistente	39
Figura 4.07 - Imagem da propriedade da resistência à erosão Pouco Resistente	40
Figura 4.08 - Imagem da propriedade da resistência à erosão Não Resistente	40
Figura 4.09 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade Muito Fraturada	40
Figura 4.10 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade Fraturada	41
Figura 4.11 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade Pouco Fraturada	41
Figura 4.12 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade Não Fraturada	41
Figura 4.13 - Imagem da propriedade tropia Muito Orientada	42
Figura 4.14 - Imagem da propriedade tropia Orientada	42
Figura 4.15 - Imagem da propriedade tropia Pouco Orientada	42
Figura 4.16 - Imagem da propriedade tropia Não Orientada	43
Figura 4.17 - Imagem da propriedade assimetria de relevo Fortemente assimétrica	43
Figura 4.18 - Imagem da propriedade assimetria de relevo Assimétrica	43
Figura 4.19 - Imagem da propriedade assimetria de relevo Moderadamente Assimétrica	44
Figura 4.20 - Imagem da propriedade assimetria de relevo Simétrica	44
Figura 4.21 - Imagem da propriedade permeabilidade Muito Permeável	45
Figura 4.22 - Imagem da propriedade permeabilidade Permeável	45
Figura 4.23 - Imagem da propriedade permeabilidade Pouco Permeável	45
Figura 4.24 - Imagem da propriedade permeabilidade Não Permeável	46
Figura 4.25 - Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação.	46
Figura 4.26 - Mapa das Unidades Geoambientais.....	52
Figura 4.27 - Mapa Morfoestrutural	56
Figura 4.28 - Mapa de Traço de Juntas.	58
Figura 4.29 - Mapa de Máximos 1 e 2.....	59
Figura 4.30 - Mapa de Zonas e Eixos de Variação de Máximo 1.	60
Figura 4.31 - Mapa de Zonas e Eixos de Variação de Máximo 2	61
Figura 4.32 - Mapa de Classes de Viabilidade para implantação de Obras Cíveis Lineares.	62
Figura 4.33 - Mapa Integrado Final.....	66

TABELAS

Tabela 2.01 - Tipos de Solos Predominantes.	19
Tabela 3.01 - Especificações da Imagem LANDSAT – TM 5.....	21
Tabela 3.02 - Especificações das Cartas Topográficas – IBGE - BR.....	22
Tabela 4.01 - UBC's e suas Propriedades	51
Tabela 4.02 - UGA's e suas Características	54
Tabela 4.03 - Combinações Entre Morfoestrutura e Morfometria.	57

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	14
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
CAPÍTULO II.....	16
2 ÁREA DE ESTUDO	16
2.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.2 ASPECTOS TOPOGRÁFICOS	17
2.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS / GEOLÓGICOS	17
2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS	21
2.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS PREDOMINANTES	21
CAPÍTULO III	23
3 METODOLOGIA	23
3.1 MATERIAIS	23
3.1.1 Sensoriamento Remoto	23
3.1.2 Documentos Cartográficos.....	24
3.1.3 Equipamentos E Softwares.....	24
3.2 PROCEDIMENTO METODOLOGICOS.....	25
3.2.1 Descrição Geral	25
3.2.2 Diagrama de Fluxo de Trabalho.....	26
CAPÍTULO IV.....	39
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
4.1 SOBRE AS UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO (UBC's).....	39
4.2 SOBRE AS UNIDADES GEOAMBIENTAIS (UGA'S):.....	54
4.3 SOBRE O MAPA MORFOESTRUTURAL:.....	56
4.4 SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE TRAÇOS DE JUNTAS.....	59
4.5 SOBRE O MAPA DE CLASSES DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE OBRAS CIVIS LINEARES	63
4.6 SOBRE O MAPA INTEGRADO FINAL	66
CAPÍTULO V	69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
CAPÍTULO VI.....	70
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXO 1:	73
ANEXO 2:	73



ANEXO 3:	75
ANEXO 4:	75
ANEXO 5:	77
ANEXO 6:	77
ANEXO 7:	79
ANEXO 8:	79
ANEXO 9:	81
ANEXO 10:	81

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Hoje o País desenvolve importantes programas de atividades ligados a estudos do meio ambiente tanto para sua utilização racional quanto à sua proteção. Neste contexto, destaca-se o mapeamento do meio físico como uma etapa fundamental do processo de avaliação do meio ambiente para sua ocupação. A caracterização do meio físico, feita em relação às propriedades dos materiais que o constituem (rocha, solo etc) permite estabelecer o comportamento (geotécnico) destes materiais diante das solicitações requeridas pelas atividades humanas.

A estratégia nessa pesquisa é utilizar produtos de sensoriamento remoto orbital (imagem Landsat TM) na aplicação de técnicas interpretativas de imagens, no sentido de avaliar as formas de relevo e de drenagem que apresentam um significado geológico-estrutural voltado à investigação e subsidio a obras civis lineares (estradas e multíditos).

Com a realização do presente estudo pretende-se obter uma sistemática de análise dos principais sistemas de fraturamentos extraídos de produtos de sensoriamento remoto (imagem Landsat TM) com a finalidade de se definir uma geometria deformacional da área de estudo para que se possam subsidiar obras civis lineares e definição das características físicas das unidades de terreno.

Os resultados e mapas temáticos que serão obtidos neste estudo permitirão promover uma melhor compartimentação do meio físico sob o ponto de vista de tectoestrutural, com ênfase em estruturas dúcteis (grandes flexuras) e, principalmente estruturas rúpteis (lineamentos estruturais e falhamentos) de diversas origens e idades. O estudo estrutural dessas feições permite melhor caracterizar os maciços rochosos visando à otimização do traçado e implementação de obras lineares superficiais e subterrâneas

1.2 OBJETIVO GERAL

Usar imagens de sensoriamento remoto orbital para mapear as estruturas geológicas visando à definição de classes de sustentabilidade para obras civis lineares (estradas e multíditos).

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir elementos texturais e estruturais de imagens de satélite como parâmetros do meio físico que permitam o mapeamento geoambiental;
- Desenvolver técnicas interpretativas, através de uma sistematização da análise de dados das imagens Landsat - TM, para mapeamento do meio físico (Unidades Básicas de Compartimentação – UBC's e Unidades Geoambientais – UGA's);
- Interpretar a rede de drenagem para obter um Mapa Morfoestrutural evidenciando altos e baixos estruturais (deformações dúcteis);
- Extrair e analisar os traços de juntas e definir: máximos 1 e 2, eixo de máximos e zonas de variações de máximos dos traços de juntas (a partir de imagens LandSat-TM)
- Definir as propriedades que caracterizam as Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's);
- Realizar uma cartografia temática com as principais Unidades Geoambientais e elementos estruturais mapeados, com a definição de classes de capacidade de uso do meio físico para implementação de estradas e multíditos.

CAPÍTULO II

2 ÁREA DE ESTUDO

A área onde estão sendo desenvolvidas as atividades de pesquisa localiza-se no extremo leste do estado de São Paulo com limites entre as coordenadas 22°30' a 23°00' de latitude sul e 44°30' a 45° 15' de longitude oeste de Greenwich. Esta situada nas folhas topográficas: Lorena, Guaratinguetá, Cruzeiro, Campos de Cunha, São José do Barreiro e Rio Mambucaba, do IBGE, escala 1: 50.000, correspondendo parte da serra da Mantiqueira, Vale do Paraíba e , principalmente serra do Mar.

A escolha da área foi devido à existência de relevos acidentados (montanhosos) e de relevos planos (terraços e planícies), ambos estruturados por fortes processos tectônicos deformacionais. Também a escolha da área foi devido ao aumento de turismo rural, crescimento das cidades serranas, demanda de água e, principalmente devido às obras civis lineares ali instaladas. A figura 2.01 representa a imagem da área de estudo.

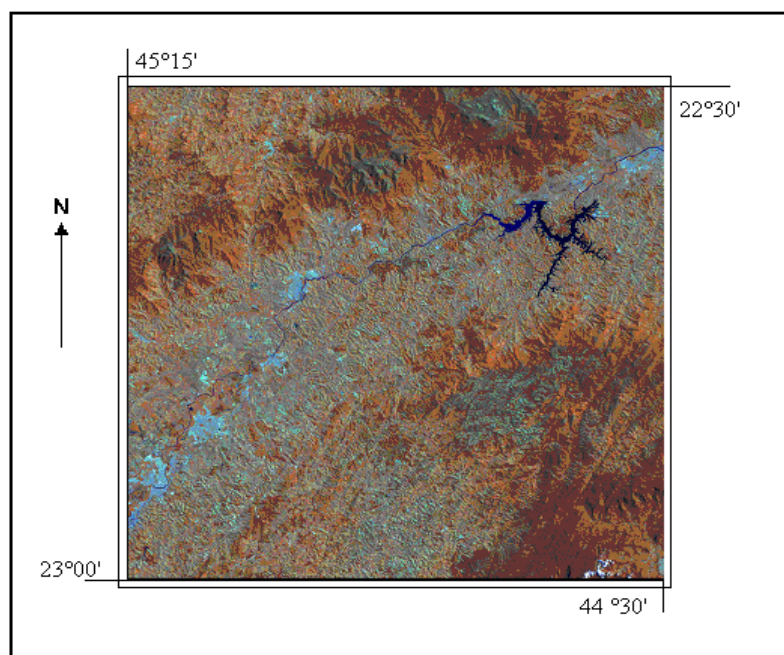


Figura 2.01 - Área de Estudo. Imagem Landsat – TM, órbita/ponto 218/76S, Escala aprox.: 1:500.000.

2.1 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A seguir será feita uma descrição sucinta das informações existentes na área de estudo, procurando selecionar e direcionar as informações obtidas com a finalidade de aplicação geoambiental. As pesquisas foram basicamente calcadas nos trabalhos de: Ohara (1994), Rocio (1993), IPT (1978) por apresentarem um cunho de mapeamento regional e de semidetalhe.

2.2 ASPECTOS TOPOGRÁFICOS

Constataram-se através de registros planimétricos ou altimétricos indicações de acidentes geográficos presenciados na região do atual estudo, que são:

- Classificação orográfica da região (plana, ondulada, montanhosa ou escarpada), tendo em vista suas montanhas, serras, contrafortes, espigões, planaltos, gargantas, etc.
- Vales, rios e seus afluentes (lagoas, represas, queda d'água, etc.).
- Tipo de vegetação como matas, capoeiras, campos, etc.

2.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS / GEOLÓGICOS

A região do alto-médio vale do Paraíba do Sul está inserida nas províncias Costeira e do Planalto Atlântico, conforme a divisão geomorfológica do estado de São Paulo realizada por Almeida (1964).

As principais feições tectônicas do Estado de São Paulo são apresentadas a seguir:

- Porção do Escudo Atlântico, com restritas coberturas sedimentares e pequenas intrusões jurássicas – paleocênicas.
- Porção da cobertura da plataforma, representada pela seqüência sedimentar e vulcânica da Bacia do Paraná, com importantes intrusões juro – cretáceas.

No contexto da evolução do leste paulista, podemos descrever três grandes eventos tectônicos: o Ciclo Transamazônico, o Ciclo Brasileiro e a Reativação Wealgerniana.

Durante o ciclo Transamazônico, desenvolveu-se o Grupo Paraíba, cujas litologias presentes se compõem de migmatitos complexos, rochas metadioríticas, metadacíticas e granulitos.

Durante o Ciclo Brasileiro, desenvolveu-se o Grupo Açungui, que é caracterizado por: filitos, xistos, quartzitos, rochas calcossilicatadas, calcários metamórficos, anfílitos, metaconglomerados e rochas migmatíticas, estando presentes todos os compartimentos tectônicos.

Por último, ocorreu a Reativação Wealgerniana, a qual teve início em tempos Juro – Cretácicos com injeção de diques diabásicos e no Cretáceo – Terciário a injeções de magma alcalino.

No terciário médio e superior, ocorreu um recrudescimento da atividade tectônica, originando assim, o Graben do Paraíba, o qual, em função da sua geometria, foi preenchido por uma seqüência sedimentar formando a Bacia do Taubaté. Essa disposição realizou-se em condições iniciais predominantes lacustres (Formação Tremembé), passando a seguir, a predominantemente fluvial (Formação Caçapava).

Finalmente, desenvolveu-se no quaternário aluviões ao longo do Paraíba do Sul, assim como outras formações detríticas de menor porte.

O complexo Paraíba do Sul estende-se por toda porção a norte da falha de Jundiuvira, desde a região de Campos de Jordão a E-NE, até a falha de Camanducaia onde se confronta com o complexo Amparo. Nesta região o limite entre ambos é determinado por uma seqüência de xistos que se desenvolve desde a cidade de Jundiaí. Ao norte da sua área de ocorrência, o complexo Paraíba do Sul, penetra no Estado de Minas Gerais.

Um núcleo granulítico de reduzidas dimensões é correlacionado ao Paraíba do Sul a norte da falha do Buquira, na região a NW de São José dos Campos.

Litologicamente, o Complexo Paraíba do Sul é formado por um conjunto predominante de rochas gnáissicas e magmáticas estromatíticas, e de outras estruturas variegadas associadas a migmatitos complexos. Este complexo é ainda muito mal conhecido, mas sabe-se que compreende núcleos granulíticos esparsos, em meio a gnaíesses talvez correlacionáveis com as rochas supracrustais.

Entre Monteiro Lobato e Paraibuna, da falha de Jundiuvira à Cubatão, a configuração é efetivamente de um amplo sinclinório, gerado pela Segunda fase de dobramento do complexo Embú; a região central, no terciário abrigou a bacia tectogênica de Taubaté, que oculta a zona axial do sinclinório. Entre Paraibuna e Caraguatatuba, porém já no domínio do Complexo Costeiro, isso não se verifica: ali se configura outros sinclinórios, com eixo passando próximo à borda do planalto, junto a serra do Mar.

Nos mapas geológicos tem-se assinalado orientações gerais da foliação das rochas, em geral inferidas por fotointerpretação e controladas por medidas de campo. Contudo a diversidade de tipos de foliação (acabamento reliquiar, bandamento metamórfico ou migmatítico, xistosidade, clivagens e planos de transposição) faz com que se represente apenas a mais saliente em cada um dos domínios litológicos. Na região de Campos do Jordão, o complexo Paraíba do Sul mostra padrão intrincado, com pelo menos uma fase de dobramento anterior às Deformações Brasileiras.

Na serra da Mantiqueira, o complexo do Itatiaia é constituído de sienitos, fosfatos, pulaskitos e quartzo sienitos, ocorrendo granito alcalino no núcleo. Embora este complexo se situe fora do estado de São Paulo, admite-se que o Maciço de Passa Quatro a oeste dele, constituído de nefelita sienito, seja-lhe conseqüentemente contemporâneo e consangüíneo.

No Vale do Paraíba encontramos rochas sedimentares da Bacia Sedimentar de Taubaté onde a maior parte dos sedimentos são terciários constituindo-se de camadas de folhelhos,

argilitos, siltitos, arenitos, conglomerados e termos intermediários. As camadas são sempre lenticulares sendo que os sedimentos mais finos são os mais freqüentes. As espessuras unitárias variam de centímetros a alguns metros predominando os decimétricos.

Nas rochas sedimentares da Bacia de Taubaté as estruturas mais freqüentes, exceto nos folhelhos, são a estratificação cruzada, estratificação gradacional e conglomerados, ou arenitos pelotizados de argilas, além de estruturas de preenchimento marcas onduladas, laminação cruzada, diques clásticos e estruturas de deslizamento gravitacional. Com exceção dessas últimas as demais estruturas indicam um ambiente fluvial em que se acumularam os sedimentos. Na região de estudo as rochas observadas fazem parte, principalmente, da Formação Caçapava com alguns núcleos aflorantes da Formação Tremembé.

Na região de Guaratinguetá – Aparecida, área que predomina os sedimentos da Bacia de Taubaté, três níveis de terraço com cascalhos foram reconhecidos, separados da várzea do Paraíba do Sul e entre si por desníveis de cinco a dez metros, além de outros níveis sedimentares mais elevados. Pode-se admitir que os baixos terraços sejam correlacionados ao último estágio glacial, ficando ainda em aberto a datação dos demais, já que seu pequeno desnível relativo não sugere correlação com estágios glaciais mais antigos.

Podemos também observar que as várzeas holocênicas desenvolvem-se especialmente ao longo dos maiores cursos d'água, sendo mais extensas nas bacias de Taubaté e São Paulo.

Quanto a ponto de vista geológico, na área que liga as cidades de Taubaté e Aparecida do Norte, observa-se a presença de rochas metamórficas do Pré-Cambriano Superior, destacando-se os gnaisses, com predominância do mineral biotita, originando daí o biotita-gnaiss, com colorações cinza avermelhadas onde, a partir de uma determinada cota, se intercalam com os micaxistos.

A estrutura regional possui predominantemente direção NE-EW (nordeste – leste – oeste), com mergulhos variando de quarenta graus para NW até verticais, sendo, portanto favoráveis, isto é, mergulham para dentro dos maciços. São comuns as intercalações de

quartzitos e pegmatitos e mais raramente de anfibólitos ou diabásicos, as quais normalmente acompanham a grosso a direção regional.

Periodicamente, coincidindo com a época das chuvas (outubro a março), ocorrem pequenos deslizamentos naturais, que se iniciam a meia encosta, devido fundamentalmente a saturação destes solos, acabando por carregar pequena parte vegetal superficial, deixando pequenas cicatrizes visíveis ao longo do percurso.

2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Os solos predominantes na região do alto médio Paraíba do Sul foram caracterizados a partir de trabalhos sobre “levantamento de reconhecimento dos solos do estado de São Paulo” (Brasil, 1960). A Tabela 2.01 associa algumas áreas do estudo atual com os seus respectivos solos.

Áreas	Tipos de solo predominantes
Relevo Montanhoso e serras	Latossolo Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Escuro, Cambissolo Húmico, etc.
Relevo Colinoso	Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo à Vermelho Escuro, Podzólico Vermelho Amarelo latossolizado, etc.
Relevo Plano.	Podzol Hidromórfico.
Cidade de Guaratinguetá e Aparecida.	Latossolo Vermelho Amarelo.
Cidade de Cruzeiro	Cambissolo latossolizado
Cidade de Campos de Cunha	Cambissolo

Tabela 2.01: Tipos de Solos Predominantes
FONTE: Oliveira, V. – Projeto Radambrasil, 1983.

2.5 ASPECTOS CLIMÁTICOS PREDOMINANTES

Em função da presença de grande diferença de altitudes (de 2.401 metros no pico dos Marins, a nordeste da cidade de Piquete, na serra da Mantiqueira até o nível do mar)

verificadas na área do alto-médio Paraíba do Sul, os tipos climáticos predominantes segundo Setzer (1966) são:

- Af – clima quente e úmido, sem estação seca; o mês mais seco tem mais de 60 mm de precipitação e a temperatura do mês mais frio é superior a 18°C. Este tipo climático restringe-se à baixada litorânea, atingindo o sopé da serra do Mar, onde sofre mutação para o clima mesotérmico, devido a amenização da temperatura pela altitude.
- Cwa – clima de inverno seco e verão chuvoso, cuja temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente ultrapassa os 22°C. O índice pluviométrico varia entre 1.100 mm e 1.700 mm anuais, decrescendo a precipitação no sentido para oeste. A estação seca transcorre entre os meses de abril até setembro. Este tipo climático predomina na região do vale do rio Paraíba do Sul até a região de Queluz.
- Cwb – clima mesotérmico de inverno seco e verão ameno, onde a temperatura média varia entre 10°C e 22°C e os totais pluviométricos anuais variam entre 1.300 mm e 1.700 mm. A área de atuação desse tipo climático ocorre nas regiões mais elevadas ao longo do vale do rio Paraíba do Sul.
- Cfa – clima subtropical de altitude, úmido e sem estiagem, apresentando uma temperatura no mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio, entre 3°C à 18°C. No mês mais seco as precipitações são superiores a 30 mm. A área de atuação desse clima é entre a escarpa da serra do Mar e a planície costeira.
- Cfb – clima subtropical de altitude, úmido e sem estiagem, onde a temperatura do mês mais quente não atinge os 22°C e o índice pluviométrico varia entre 1.100 mm e 1.200 mm anuais.

A área de ocorrência desse tipo climático é verificada nos pontos mais elevados das serras da Mantiqueira e do Mar.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

Foram utilizados como instrumentos de pesquisa produtos de sensoriamento remoto (imagem de satélite), documentos cartográficos e equipamentos, sendo:

3.1.1 Sensoriamento Remoto

Foi utilizada a imagem Landsat - TM (cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE). A cartografia das Unidades Geoambientais e o Mapa Morfoestrutural foram elaborados a partir da imagem Landsat – TM.

Segue nas Tabelas 3.01 e 3.02 as especificações das imagens utilizadas no estudo:

LANDSAT - TM 5

DATA DA PASSAGEM	26/06/1997	20/07/1994	17/07/1987
ÓRBITA	218	218	218
PONTO	76	76	76
CENA OU QUADRANTE	INTEIRA	W	W
FORMATO	Digital e Analógico	Digital e Analógico	Digital e Analógico
BANDAS	3(B), 4(G), 5(R)*	4	4
ELEVAÇÃO SOLAR	30	30	30
AZIMUTE SOLAR	42	47	45
RAIO SOLAR	189	189	189
PROJEÇÃO	UTM	SOM	UTM
ESCALA	1:250.000	1:100.000	1:100.000

Tabela 3.01: Especificações da Imagem LANDSAT – TM 5.

3.1.2 Documentos Cartográficos

Os Documentos Cartográficos serviram como apoio para interpretação de imagens orbitais, bem como para o georeferenciamento da imagem.

As cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE utilizadas estão representadas abaixo, juntamente com suas características:

Nome da folha	Escala	Edição	Codificação
Guaratinguetá	1:50.000	1982	SF.23 -Y-B-VI-4
Lorena	1:50.000	1975	SF.23 -Y-B-VI-2
Cruzeiro	1:50.000	1983	SF.23 -Z-A-IV-1
Campos de Cunha	1:50.000	1974	SF.23 -Z-A-IV-3
São José do Barreiro	1:50.000	1974	SF.23 -Z-A-IV-2
Rio Manbucaba	1:50.000	1974	SF.23 -Z-A-IV-4

Tabela 3.02: Especificações das Cartas Topográficas – IBGE – BR

3.1.3 Equipamentos E Softwares

- Mesa de luz com utilização na foto-interpretação da imagem de radar;
- Prancheta (1,00 x 1,80 metros) para exposição da imagem e das cartas e para geração de novos mapas;
- GlobalMapper 6.0 para visualização das imagens e extração de dados;
- Software ARCGIS 9.0 para extração da Rede de Drenagem;
- Autocad 2010 para elaboração dos mapas;
- Wintopo Freeware para vetorização de arquivos “raster”;
- Plotter HP Designjet 4000 ps;
- Microcomputador com processador Pentium Core, 3.0GB RAM para suportar programas utilizados na pesquisa e para escrever o trabalho proposto;
- Papel terkron (50 micras) para elaboração dos mapas.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLOGICOS

3.2.1 Descrição Geral

O trabalho tem como procedimento metodológico a utilização de produtos de sensoriamento remoto (imagem de Satélite) nos quais estão sendo aplicados critérios analíticos e interpretativos dos elementos de relevo e drenagem os quais apresentam um significado geológico-estrutural voltado à investigação e subsidio a obras civis lineares (estradas e multíditos).

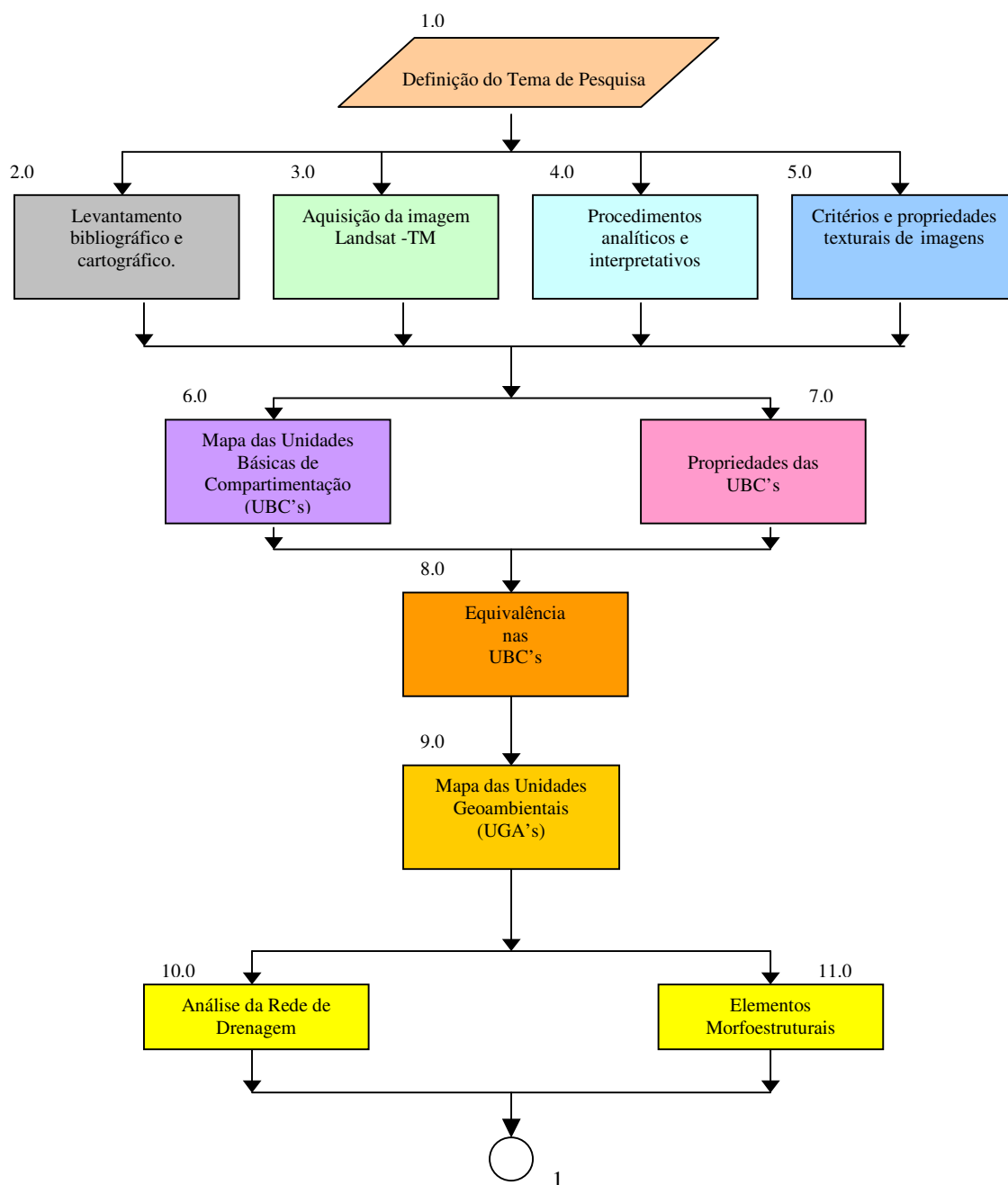
Primeiramente são mapeadas e cartografadas as Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's). Após esta etapa, as UBC's são caracterizadas segundo cinco propriedades físicas. A partir dessa caracterização, faz-se à equivalência entre as UBC's e então, elabora-se o mapeamento das Unidades Geoambientais (UGA's).

Depois de caracterizadas e cartografadas as Unidades Geoambientais (UGA's), são definidas classes de capacidade de suporte do meio físico para implantação de obras civis lineares e elaborados os Mapas Morfoestrutural, de Traços de Juntas e Máximo 1 e 2 e, são definidas as Zonas de Variação de Traços de Juntas e Eixos,.

Por fim, é feita a integração das Unidades Geoambientais, com as Morfoestruturas, e Traços de Juntas da área de estudo, o que gera um Mapeamento Integrado Final.

As etapas de trabalho para a aplicação das técnicas interpretativas serão desenvolvidas conforme diagrama de fluxo de trabalho (DFT), figura 3.01 e descritas a seguir:

3.22 Diagrama de Fluxo de Trabalho



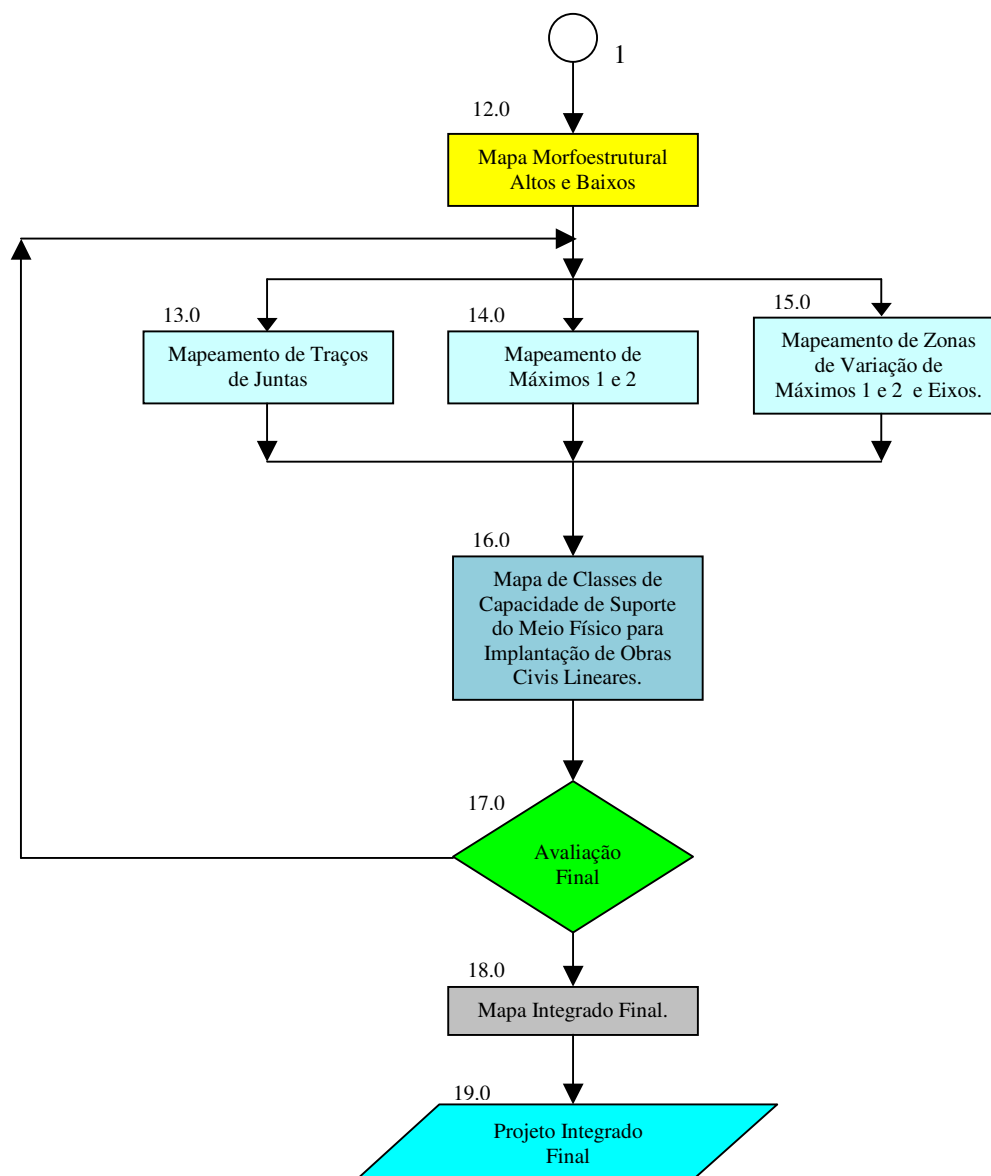


Figura 3.01 – Diagrama de Fluxo de Trabalho-DFT.

1.0 – Definição do Tema de Pesquisa: O trabalho “Análise Geoambiental Para o Planejamento de Obras Cíveis Lineares. Uma abordagem por Sensoriamento Remoto Orbital” foi definido para dar continuidade a trabalhos anteriores realizados pela autora e por docentes do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia UNESP de Guaratinguetá. A ênfase dada no presente estudo foi a caracterização do meio físico visando à implantação de Obras Cíveis Lineares na região do Vale do Paraíba – SP.

2.0 – Levantamento bibliográfico e cartográfico: Para iniciar qualquer pesquisa é preciso estar apoiado em teorias e de uma análise profunda relacionado ao assunto em estudo. No decorrer da pesquisa, os dados bibliográficos e/ou cartográficos são constantemente atualizados.

Durante a pesquisa, são consultados livros e artigos bibliográficos em bibliotecas universitárias, feito visitas técnicas em parte da área do estudo. Estas atividades fazem parte de todo trabalho até a finalização de interesse sobre o assunto.

3.0– Aquisição de imagens Landsat-TM: Para se obter informação sobre o Meio Físico, mapeamento da Rede de Drenagem, Elementos Morfoestruturais, Mapa Morfoestrutural, mapeamento dos Lineamentos Estruturais é utilizada a imagem LANDSAT TM – 5, cedida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A imagem Landsat TM – 5 é utilizada, pois seu tipo de imageamento permite uma melhor visualização isotrópica dos lineamentos estruturais.

4.0 – Definição de procedimentos analíticos e interpretativos: Para se obter informação sobre o Meio Físico, utiliza-se como ferramenta as imagens de satélite. Para extração dos dados analisam-se os elementos texturais de relevo e drenagem (estes elementos são definidos como a menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem e passível de repetição).

O procedimento metodológico constitui-se de duas fases distintas: a Fotoanálise e a Fotointerpretação. Na Fotoanálise caracterizam-se, na imagem, as diversas formas de arranjo de relevo e drenagem para distinguir as diferentes Zonas Homólogas (zonas de repartição dos elementos texturais que se repetem e possuem a mesma estrutura) aqui chamadas de Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's). Já na Fotointerpretação, busca-se avaliar, nas UBC's, as propriedades texturais de imagens

5.0– Critérios e propriedades texturais de imagens: Como já foi visto no item anterior, as formas de arranjo de relevo e drenagem são utilizadas para diferenciar as UBC's através dos

elementos de textura da imagem. Estes elementos têm suas interpretações relacionadas com o número e tamanho na imagem. Para classificar as UBC's, a partir dos elementos texturais, criam-se níveis distintos de densidade de textura na imagem, que foram:

- **Muito alta densidade textural (maD):** ocorre na situação em que se presencie na UBC um número de repetições de elementos texturais muito grande, sendo a superfície do elemento muito pequena (tamanho);
- **Alta densidade textural (aD):** ocorre na situação em que se presencie na UBC um número de repetições de elementos texturais grande, sendo a superfície do elemento pequena (tamanho);
- **Moderada densidade textural (mD):** ocorre na situação em que se presencie na UBC um número de repetições de elementos texturais razoável, sendo a superfície do elemento média (tamanho);
- **Baixa densidade textural (bD):** ocorre na situação em que se presencie na UBC um número de repetições de elementos texturais pequeno, sendo a superfície do elemento grande (tamanho);

6.0– Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's): A partir de uma imagem Landsat-TM, elabora-se um Mapa de Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's) onde os limites das UBC's são obtidos usando técnicas já descritas na metodologia. Posteriormente esse mapa é digitalizado e vetorizado pelo software WinTopo.

É realizada, no decorrer da pesquisa, a equivalência entre UBC's em função de suas propriedades para caracterizar e compartimentar o Meio Físico em Unidades Geoambientais (UGA's).

7.0– Propriedades das UBC's: Após a individualização das UBC's busca-se avaliar o seu significado em relação ao objetivo do trabalho, definindo as propriedades desejadas para caracterizar o meio físico. As propriedades escolhidas para serem analisadas e caracterizadas na imagem foram: Resistência à Erosão, Plasticidade x Ruptibilidade, Tropa, Assimetria de Relevo e Permeabilidade.

Resistência à Erosão:

A Resistência a Erosão é uma das propriedades mais importantes para caracterizar o estágio intemperico do maciço e, o comportamento das encostas que podem trazer graves prejuízos e causar impactos negativos ao meio ambiente. Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias:

- **Muito resistente (mR):** apresenta como características uma velocidade de intemperismo (capacidade de erodir material) baixa e uma forma de encosta côncava alongada. A ocorrência dessa propriedade, na imagem, depende da densidade de textura (dos elementos texturais). Em áreas cristalinas a densidade é alta e, em áreas sedimentares é baixa;
- **Resistente (R):** apresenta como características uma velocidade de intemperismo menor que a velocidade de remoção (capacidade de transportar material), ou seja, maior remoção que o volume intemperizado e uma forma de encosta côncava. A sua ocorrência na imagem depende da densidade de textura. Tanto em áreas cristalinas quanto nas sedimentares, é média;
- **Pouco resistente (pR):** apresenta como características uma velocidade de intemperismo igual a velocidade de remoção, ou seja, um mesmo volume de remoção em relação ao material que foi intemperizado e, uma forma de encosta côncava (parte elevada) – convexa (parte inferior). A sua ocorrência na imagem depende da densidade de textura. Em áreas cristalinas é alta e, nos sedimentos, é baixa;
- **Não resistente (nR):** apresenta como características uma velocidade de intemperismo maior do que a velocidade de remoção, ou seja, uma demanda maior de material que sofreu processos de intemperismos do que a capacidade de remoção deste material, solos espessos e uma forma de encosta rebaixada (volume grande de material disponível à erosão) e convexa. A sua ocorrência na imagem depende da densidade de textura neste caso, nos sedimentos, é muito baixo e, no cristalino, não foi encontrado mais de um elemento textural dentro da Zona Homóloga.

Plasticidade X Ruptibilidade:

A Plasticidade (capacidade que o material tem de se deformar sem ruptura) e a Ruptibilidade (inverso da plasticidade) são propriedades muito utilizadas, por exemplo, em obras civis, pois, dependendo do grau de fraturamento nas rochas, é preciso um gasto mais elevado em infra-estrutura (tirantes, injeção de concreto, drenagem, etc). Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias:

- **Muito fraturada (mF):** apresenta como característica ser um material com muita facilidade para penetração de água, tendo assim, uma grande perda na sua resistência. A sua ocorrência na imagem depende do tamanho do espaçamento dos elementos texturais, neste caso é baixa e, do número de fraturas, que para esta situação é alta (> 50% dos traços de fratura);
- **Fraturada (F):** apresenta como característica ser um material com facilidade para penetração de água, tendo assim, uma perda na sua resistência. A sua ocorrência na imagem depende do tamanho do espaçamento dos elementos texturais, neste caso é média e do número de fraturas, que para esta situação é moderada (entre 10 à 50% dos traços de fratura);
- **Pouco fraturada (pF):** apresenta como característica ser um material com restrições para penetração de água, tendo assim, uma pequena perda na sua resistência. A sua ocorrência na imagem depende do tamanho do espaçamento dos elementos texturais, neste caso é alta e do número de fraturas, que para esta situação é baixa (< 10% dos traços de fratura);
- **Não fraturada (nF):** apresenta como característica ser um material com altas restrições para penetração de água, não tendo assim, perdas na sua resistência. A sua ocorrência na imagem depende do tamanho do espaçamento dos elementos texturais.

Tropia:

A Tropia é a propriedade dos elementos se desenvolverem segundo uma direção preferencial (unidirecional, bi, tri ou isotrópica). É importante destacar uma preocupação com esta propriedade na fase de uma obra civil (superficial ou subterrânea), pois dependendo de

qual direção é feito o corte ou a perfuração pode-se desmoronar todo o meio físico envolvido, trazendo graves prejuízos à obra e, provocando impactos negativos ao meio ambiente. Para classificar a tropia criam-se as seguintes categorias:

- **Muito orientada (mO):** apresenta como característica uma única orientação espacial dos elementos de relevo e drenagem;
- **Orientada (O):** apresenta como característica apenas duas orientações espaciais dos elementos de relevo e drenagem;
- **Pouco orientada (pO):** apresenta como característica três orientações espaciais dos elementos de relevo e drenagem;
- **Não orientada (nO):** apresenta como característica mais de três orientações espaciais dos elementos de relevo e drenagem. Neste caso a propriedade é isotrópica.

Assimetria de Relevo:

Assimetria de Relevo é uma propriedade muito utilizada para se definir a posição espacial dos corpos.

O fato se deve, pois em relevos simétricos e acidentados, as camadas estão verticalizadas e, todo material que está sendo alterado acaba sendo removido simultaneamente por escorregamento. Portanto, este relevo apresenta alta resistência à erosão e, os movimentos de massa (escorregamentos) ocorrem sobre a forma de queda de blocos.

Já, se tivermos um relevo ondulado ou colinoso, uma boa parte do seu material estará sofrendo erosão profunda ao longo do tempo (baixa resistência à erosão). Nessas áreas o manto de intemperismo é grande e, embora sendo áreas sem movimento de massa natural, elas se desestabilizam com a presença de algum corte.

Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias:

- **Fortemente assimétrico (fA):** quando uma Zona Homóloga (UBC) horizontal ou sub-horizontal se opõe a outra fortemente inclinada;
- **Assimétrico (A):** quando duas UBC's têm declives elevados, porém diferentes em termos de densidade de textura e estão justapostas;
- **Moderadamente assimétrico (mA):** quando duas UBC's justapostas apresentam declives aproximadamente iguais mas, se diferenciam pela densidade de textura;

- **Simétrico (S):** quando as UBC's com declives similares e divergentes apresentam mesmas propriedades de textura de relevo.

Permeabilidade:

A Permeabilidade é a propriedade dos materiais de apresentarem maior ou menor facilidade de percolação do fluído no meio poroso ou fissurado. Pode ser resultado de: comunicação entre os espaços intergranulares das rochas ou materiais inconsolidados, espaços produzidos por fraturamentos, rochas clásticas (variam com tamanho e seleção dos grãos), rochas organoquímicas (dependem de solubilidade e impurezas) e rochas ígneas (variam com a intensidade de fraturamento).

Para classificar o seu impacto criam-se as seguintes categorias:

- **Muito permeável (mP):** apresenta como característica na área com muita facilidade para percolação de água. A sua ocorrência na imagem depende da densidade de elementos texturais de drenagem (nas áreas sedimentares) e da densidade de traços de juntas nas áreas cristalinas. Nas rochas sedimentares e/ou sedimentos, a categoria muito permeável ocorre com densidade textural baixa ou nula e, no cristalino, com alta densidade textural devido aos traços de juntas;
- **Permeável (P):** apresenta como característica uma área com uma pequena declividade tendo facilidade para penetração de água, tendo assim, uma perda na sua resistência. Nas rochas sedimentares e/ou sedimentos, a categoria permeável ocorre com densidade textural moderada e, no cristalino, também moderada devido aos traços de juntas;
- **Pouco permeável (pP):** apresenta como característica uma área com uma média declividade tendo restrições para penetração de água, tendo assim, uma pequena perda na sua resistência. Nas rochas sedimentares e/ou sedimentos, a categoria pouco permeável ocorre com alta densidade textural e, no cristalino, com baixa densidade textural devido aos traços de juntas;
- **Não permeável (nP):** apresenta como característica uma área com alta declividade impedindo a penetração de água, não tendo assim, perda na sua resistência. Nas rochas sedimentares e/ou sedimentos, a categoria não permeável ocorre com

densidade textural muito alta e, no cristalino, com densidade textural baixa a nula devido aos de traços de juntas.

8.0– Equivalência nas UBC's: Nessa etapa realiza-se a equivalência entre as UBC's, a partir de suas propriedades. Verificam-se as UBC's que possuam similaridade de propriedades (resistência à erosão, permeabilidade, etc). Assim elas podem ser agrupadas em uma mesma Unidade Geoambiental.

9.0– Mapa das Unidades Geoambientais (UGA's): Elabora-se um Mapa das Unidades Geoambientais a partir da equivalência entre as UBC's delimitadas. Essa equivalência é estabelecida para reduzir o número de UBC's usando, para tanto, a igualdade entre pelo menos três propriedades analisadas. Esse mapa, depois de elaborado analogicamente, é digitalizado para constar no relatório técnico final.

10.0– Análise da Rede de Drenagem: Nessa fase utiliza-se o software “ARCGIS” para extração de toda a rede de drenagem, na imagem Lanadsat - TM, conforme representação figura 3.02.

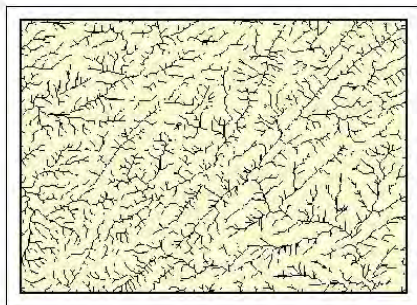


Figura 3.02: Representação da Rede de Drenagem extraída pelo software “ARCGIS”.

11.0 – Elementos Morfoestruturais: Extração das feições anelares, radiais e de assimetria da rede de drenagem, segundo o modelo da figura 3.03:

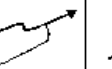
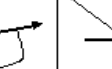
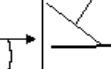
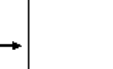
Feições de Drenagem	Grau de Estruturação			Ordem de Estruturação			
	Fraco	Moderado	Forte	1°	2°	3°	4°
Radiais							
Lineares							
Anelares							
Assimetrias							

Figura 3.03: Feições de drenagem: radiais, lineares, anelares e assimetria, seu grau e ordem de estruturação.

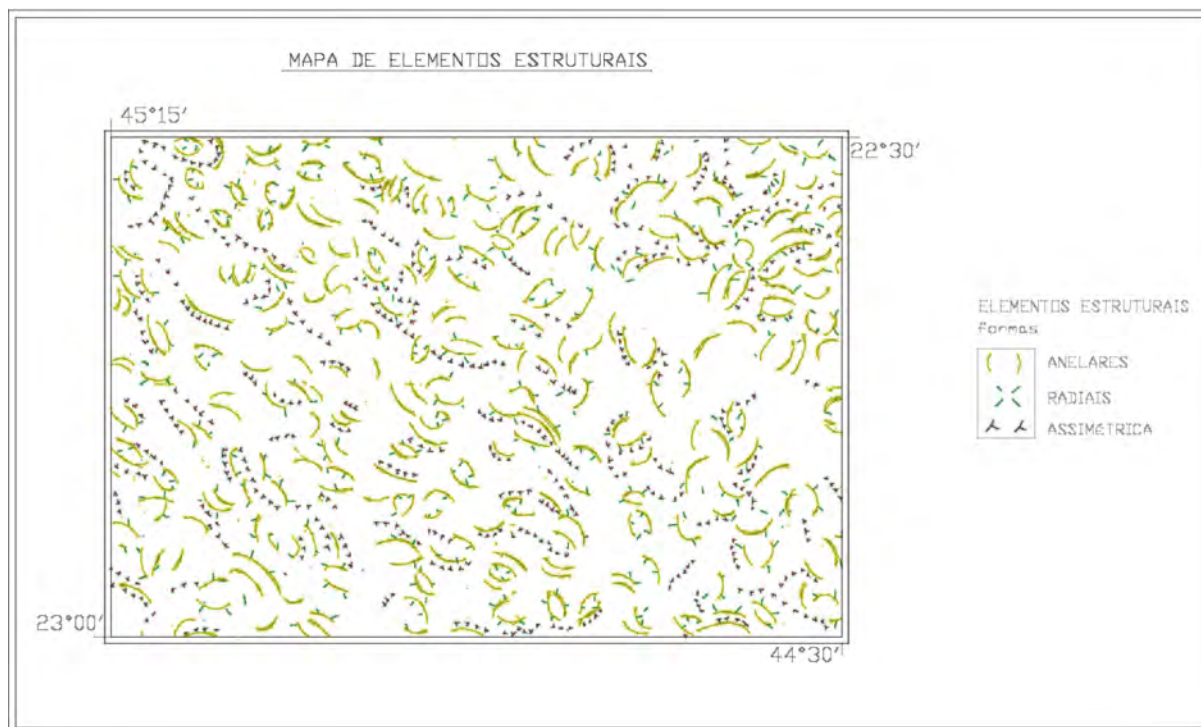


Figura 3.04 – Mapa de Elementos Estruturais (Anexo 3).

12.0 – **Mapa Morfoestrutural Altos e Baixos:** Elaboração do Mapa Morfoestrutural contendo linhas de formas (linhas de contorno estrutural não cotadas), altos estruturais e baixos estruturais. Figura 3.05.

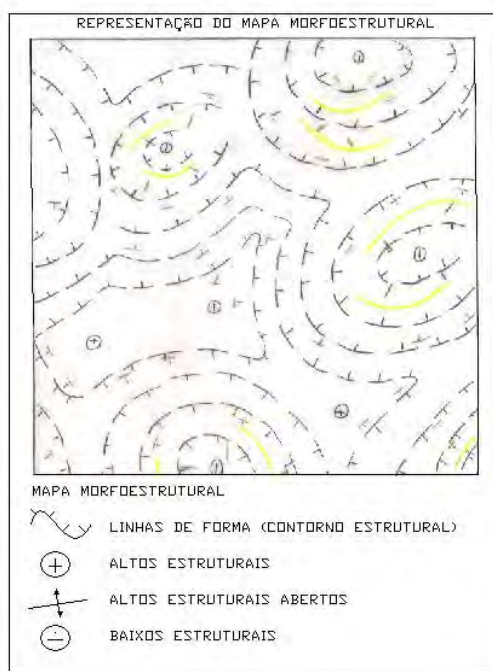


Figura 3.05 – Representação do Mapa Morfoestrutural em parte da área estudada.

13.0– **Mapeamento de Traços de Juntas:** Foram extraídas as drenagens das cartas topográficas que compõem a região de estudo e completadas com curva de nível. A lineações de drenagem (elementos lineares de 1ª e 2ª ordem) quando interpretadas passaram a serem denominadas de traços de juntas que representam discontinuidades da crosta terrestre sem movimentação aparente entre blocos.

14.0– **Análise de Máximos 1 e 2:** Sobre o mapa de traços de juntas utilizando-se de um gabarito com um círculo obteve-se espacialmente as duas principais direções de traço de juntas que são denominados de máximos 1 e 2

15.0– Zonas de Variação de Máximos 1 e 2 e Eixos: Após estabelecer os máximos 1 e 2 de traço de juntas procura-se as regiões onde o máximo 1 ou o máximo 2 ou ambos, mudam de direção. Essas regiões são denominadas de zonas de variação de máximo 1 ou de máximo 2 ou de máximo 1 e 2 (quando ambas ocorrem). A seguir verifica-se espacialmente se essas zonas encontram-se alinhadas em uma determinada direção para se definir os eixos de variação de máximos.

16.0- Elaboração do Mapa de Classes de Viabilidade para Implantação de Obras Cíveis Lineares: Nesta etapa são definidas classes de suporte do meio físico para a construção de obras cíveis lineares. Na área estudada foram definidas quatro classes diferenciadas segundo suas potencialidades e restrições. Para classificar a viabilidade de cada setor as classes foram associadas a cores.

- **Muito Favorável:** identificada pela cor verde, área com propriedades muito favoráveis à implantação de obras cíveis, não havendo necessidade de gastos em infra-estrutura para suprir deficiências do meio físico.
- **Favorável:** identificada pela cor amarela, área com propriedades favoráveis à implantação de obras cíveis mediante verificação de procedimentos técnicos específicos. Haverá poucos gastos com infra-estrutura para suprir as deficiências do meio-físico.
- **Moderadamente Favorável:** identificada pela cor laranja, área moderadamente favorável à implantação de obras cíveis mediante elaboração de projetos técnicos que exijam investimentos e infra-estrutura.
- **Pouco Favorável:** identificada pela cor vermelha, áreas pouco favoráveis à implantação de obras cíveis mesmo diante adoção de projetos técnicos, neste caso, haverá altos gastos com infra-estrutura.

17.0– Avaliação Final: Integração dos dados obtidos nas fases anteriores. Essa fase é retomada quantas vezes for necessário até que não se tenha nada mais a acrescentar.

18.0 – Mapa Integrado Final: Esse mapa representa a integração dos dados obtidos e obtenção final de Classes segundo a sua capacidade sustentável a intervenção de obras lineares superficiais e enterradas.

19.0 – **Projeto Integrado Final:** Apresenta todas as fases da pesquisa, resultados obtidos, conclusões e principalmente os mapas temáticos obtidos no decorrer da pesquisa.

CAPÍTULO IV

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 SOBRE AS UNIDADES BÁSICAS DE COMPARTIMENTAÇÃO (UBC's)

As interpretações de imagem de satélite Landsat-TM, avaliações e classificações das principais texturas de imagem e propriedades dos elementos de relevo e drenagem tiveram como resultados a compartimentação do meio físico em zonas homólogas caracterizadas como Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's). Figura 4.25 e Anexo 1.

Essas UBC's correspondem a menor divisão de diferenças texturais de imagens que quando interpretadas sob o ponto de vista ambiental correspondem a menor compartimentação do meio físico que conservam sua identidade nas imagens.

Deve-se ressaltar que essas UBC's foram delimitadas a partir de diferentes densidades texturais de imagens. Para se obter as diferentes densidades texturais, estabeleceram-se como critério de interpretação, categorias texturais para classificação, que estão representadas pelas figuras a seguir:

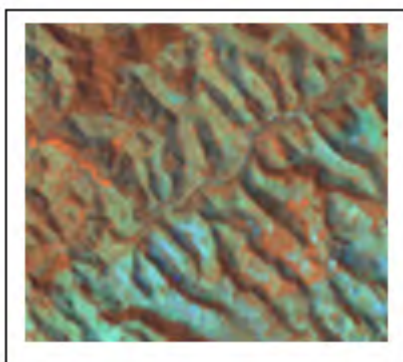


Figura 4.01 - Imagem da densidade textural, classificada na categoria: **Muito alta densidade textural.**

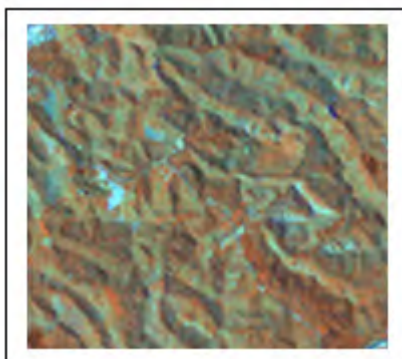


Figura 4.02 - Imagem da densidade textural, classificada na categoria: **Alta densidade textural.**

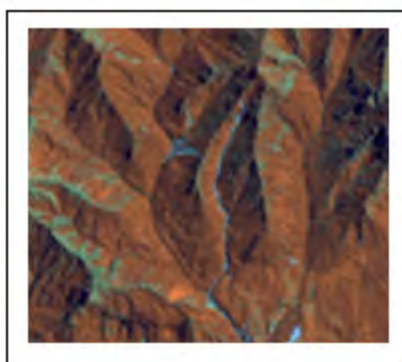


Figura 4.03 - Imagem da densidade textural, classificada na categoria: **Moderada densidade textural.**

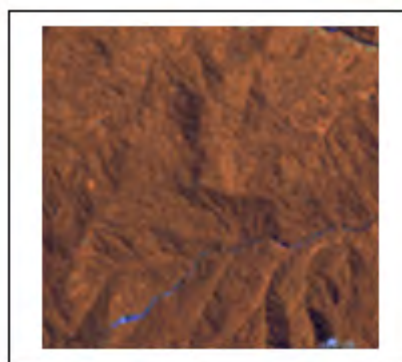


Figura 4.04 - Imagem da densidade textural, classificada na categoria: **Baixa densidade textural.**

Simultaneamente ao traçado dos limites das UBC's, conforme descrito acima, foram definidas as propriedades das mesmas seguindo critérios texturais de imagem.

Propriedades das UBC's

Depois de delimitadas as UBC's, pode-se analisá-las e classificá-las segundo as seguintes propriedades: Resistência a Erosão, Permeabilidade, Plasticidade x Ruptibilidade, Tropa e Assimetria de Relevo. Para estas propriedades também se estabeleceram sobre a imagem Landsat- TM, categorias texturais que estão representadas nas figuras a seguir:

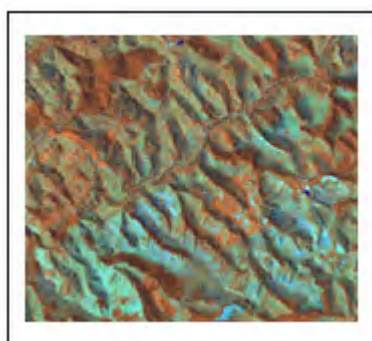


Figura 4.05 - Imagem da propriedade da resistência à erosão, classificada na categoria: **Muito Resistente**.

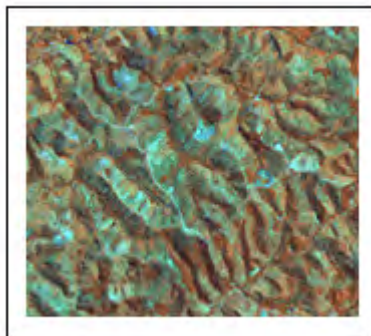


Figura 4.06 - Imagem da propriedade da resistência à erosão, classificada na categoria: **Resistente**.

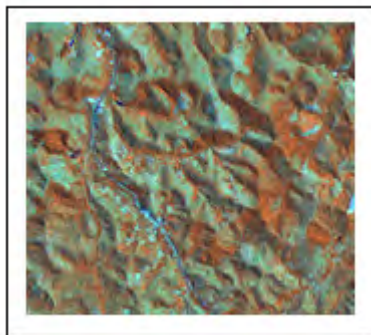


Figura 4.07 - Imagem da propriedade da resistência à erosão, classificada na categoria: **Pouco Resistente.**

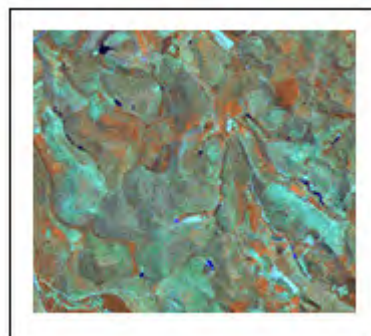


Figura 4.08 - Imagem da propriedade da resistência à erosão, classificada na categoria: **Não Resistente.**

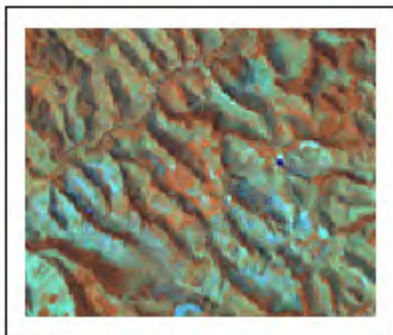


Figura 4.09 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade, classificada na categoria: **Muito Fraturada.**

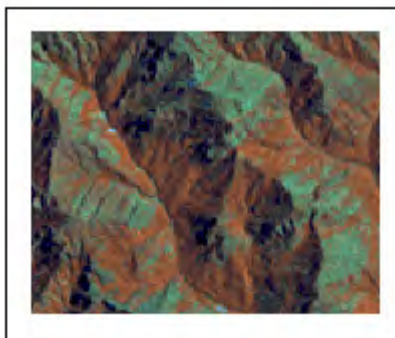


Figura 4.10 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade, classificada na categoria: **Fraturada**.

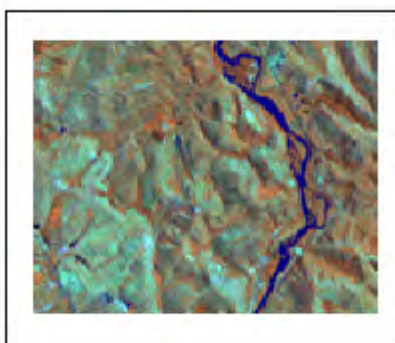


Figura 4.11- Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade, classificada na categoria: **Pouco Fraturada**.

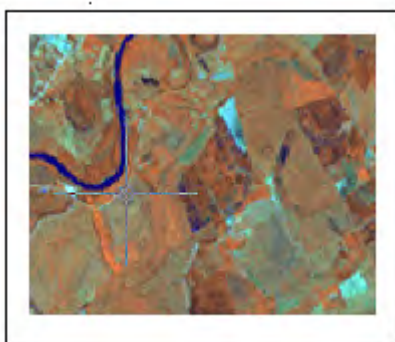


Figura 4.12 - Imagem da propriedade plasticidade x ruptibilidade, classificada na categoria: **Não Fraturada**.



Figura 4.13 - Imagem da propriedade tropia, classificada na categoria: **Muito Orientada**.

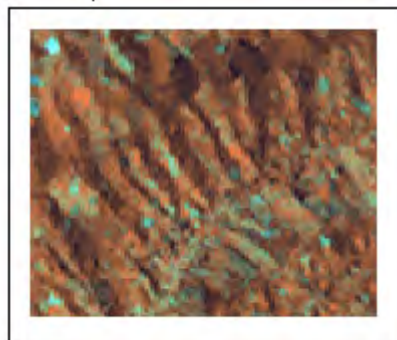


Figura 4.14 - Imagem da propriedade tropia, classificada na categoria: **Orientada**.

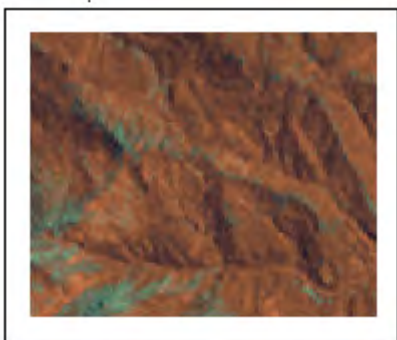


Figura 4.15 - Imagem da propriedade tropia, classificada na categoria: **Pouco Orientada**.

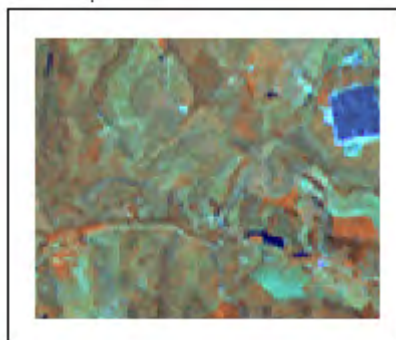


Figura 4.16 - Imagem da propriedade tropia, classificada na categoria: **Não Orientada**.

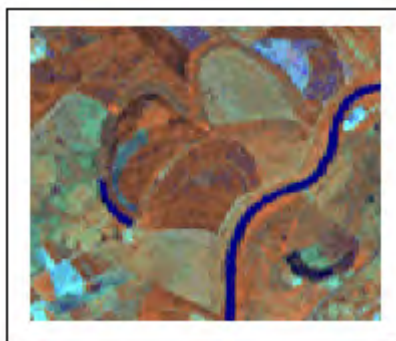


Figura 4.17 - Imagem da propriedade assimetria de relevo, classificada na categoria: **Fortemente assimétrica**.

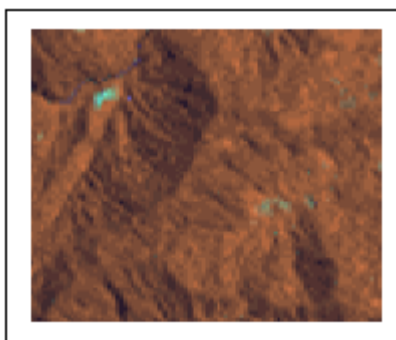


Figura 4.18 - Imagem da propriedade assimetria de relevo, classificada na categoria: **Assimétrica**.

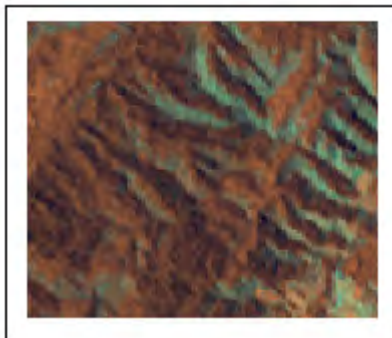


Figura 4.19 - Imagem da propriedade assimetria de relevo, classificada na categoria: **Moderadamente Assimétrica.**

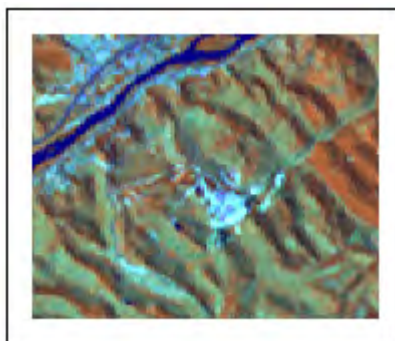


Figura 4.20 - Imagem da propriedade assimetria de relevo, classificada na categoria: **Simétrica.**

Para determinar a propriedade Permeabilidade, verificou-se que nos sedimentos a propriedade é inversamente proporcional à densidade de textura e, no cristalino, é diretamente proporcional à densidade de traços de juntas.

Em seguida estão representadas as categorias texturais da propriedade Permeabilidade no cristalino:

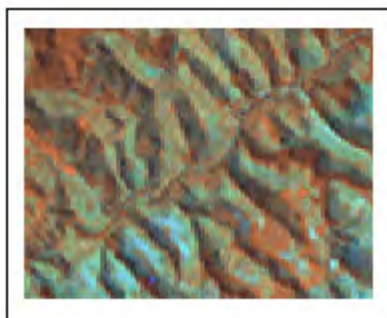


Figura 4.21 - Imagem da propriedade permeabilidade, classificada na categoria: **Muito Permeável.**

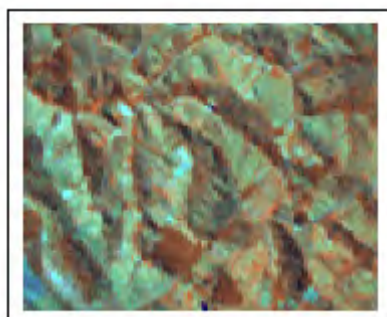


Figura 4.22 - Imagem da propriedade permeabilidade, classificada na categoria: **Permeável.**

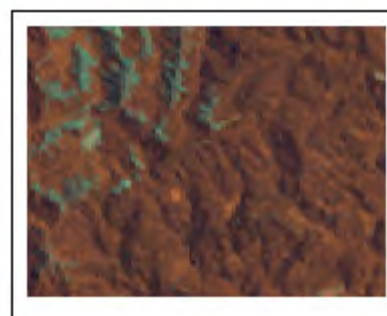


Figura 4.23 - Imagem da propriedade permeabilidade, classificada na categoria: **Pouco Permeável.**

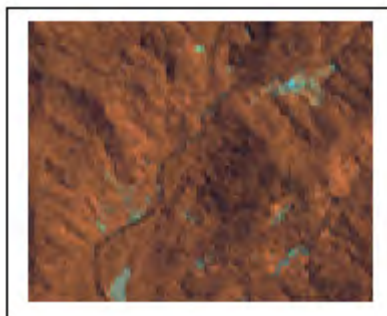


Figura 4.24 - Imagem da propriedade permeabilidade, classificada na categoria: **Não Permeável**.

A figura 4.25 é a representação do Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação (UBC's). O resultado do Mapeamento e respectiva Cartografia pode ser visualizado maior escala de mapeamento em anexo (Anexo 1).

A tabela 4.01 apresenta as UBC's e suas respectivas propriedades.

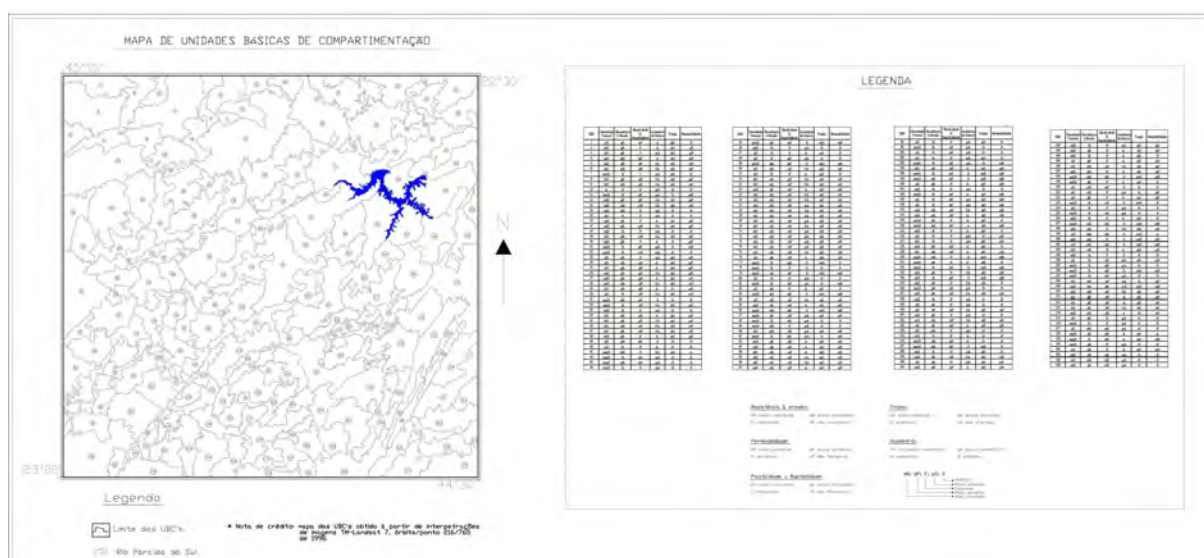


Figura 4.25 – Mapa das Unidades Básicas de Compartimentação.

UBC	Densidade Textural	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
1	aD	pR	mF	A	pO	P
2	mD	pR	F	A	nO	pP
3	aD	pR	F	pA	pO	pP
4	mD	mR	mF	S	nO	mP
5	mD	pR	pF	fA	nO	pP
6	bD	nR	pF	fA	nO	pP
7	maD	R	f	pA	pO	P
8	bD	pR	pF	fA	nO	pP
9	bD	nR	pF	fA	nO	nP
10	A	R	F	pA	O	P
11	maD	R	mF	pA	O	mP
12	mD	pR	pF	fA	nO	pP
13	mD	nR	nF	fA	nO	nP
14	mD	mR	F	pA	O	P
15	aD	R	F	pA	O	P
16	mD	pR	F	A	nO	pP
17	mD	nR	pF	fA	nO	pP
18	mD	R	F	pA	O	P
19	bD	nR	nF	fA	nO	nP
20	mD	pR	F	A	O	pP
21	maD	R	mF	pA	O	mP
22	maD	R	mF	pA	O	P
23	aD	pR	F	pA	pO	pP
24	aD	pR	pF	A	nO	pP
25	bD	pR	pF	A	nO	pP
26	mD	pR	pF	fA	pO	pP
27	mD	pR	pF	A	nO	nP
28	mD	nR	nF	fA	nO	nP
29	bD	pR	pF	A	O	pP
30	aD	R	nF	fA	nO	nP
31	maD	mR	mF	S	O	P
32	maD	R	pF	fA	nO	pP
33	mD	R	F	pA	O	P
34	bD	nR	pF	A	pO	pP
35	bD	pR	pF	fA	pO	pP
36	bD	nR	nF	fA	nO	nP

UBC	Densidade Textural	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
37	bD	pR	nF	fA	nO	nP
38	mD	pR	F	A	nO	pP
39	aD	mR	mF	S	O	P
40	aD	R	F	A	O	P
41	maD	nR	F	fA	pO	p
42	maD	R	mF	pA	O	P
43	maD	mR	mF	pA	O	P
44	maD	R	F	pA	O	P
45	maD	mR	mF	S	mO	mP
46	mD	R	F	pA	O	P
47	aD	R	F	A	pO	P
48	aD	R	mF	pA	O	P
49	maD	mR	mF	S	mO	mP
50	bD	nR	nF	fA	nO	nP
51	aD	R	F	A	pO	P
52	bD	nR	pF	fA	nO	nP
53	bD	nR	nF	fA	nO	nP
54	mD	pR	pF	A	pO	mP
55	bD	nR	nF	fA	nO	nP
56	bD	nR	nF	fA	nO	nP
57	bD	nR	nF	pA	nO	nP
58	bD	nR	nF	fA	nO	nP
59	bD	nR	nF	pA	nO	nP
60	bD	nR	nF	pA	nO	nP
70	bD	nR	nF	fA	nO	nP
71	bD	nR	nF	pA	nO	nP
72	bD	nR	nF	pA	nO	nP
73	bD	nR	nF	pA	pO	nP
74	bD	nR	nF	pA	pO	nP
75	bD	nR	nF	fA	nO	nP
76	aD	pR	pF	A	pO	pP
77	maD	R	mF	S	mO	P
78	maD	R	F	S	O	P
79	maD	mR	mF	S	mO	mP
80	aD	R	F	pA	O	P
81	maD	R	mF	pA	O	mP
82	aD	pR	F	A	pO	P

UBC	Densidade Textural	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
83	maD	mR	mF	S	mO	mP
84	aD	nR	nF	fA	nO	nP
85	mD	pR	pF	A	pO	pP
86	maD	mR	mF	S	mO	mP
87	maD	pR	pF	pA	pO	pP
88	maD	R	mF	pA	O	P
89	maD	mR	F	pA	O	P
90	bD	mR	nF	pA	pO	nP
91	maD	R	mF	pA	O	mP
92	mD	pR	pF	A	pO	nP
93	mD	pR	pF	A	pO	pP
94	bD	nR	nF	A	nO	nP
95	bD	nR	pF	fA	nO	nP
96	bD	nR	nF	fA	nO	nP
97	mD	nR	pF	A	pO	pP
98	aD	R	F	pA	pO	P
99	maD	R	mF	pA	O	P
100	aD	R	mF	pA	O	P
101	aD	R	F	pA	pO	P
102	maD	R	mF	pA	O	mP
103	bD	pR	pF	A	pO	pP
104	maD	R	mF	S	mO	mP
105	maD	mR	mF	S	mO	mP
106	aD	pR	F	A	pO	pP
107	mD	R	F	pA	O	P
108	maD	R	mF	A	pO	mP
109	aD	R	mF	pA	pO	mP
110	aD	R	mF	pA	pO	mP
111	mD	nR	pF	fA	pO	pP
112	mD	pR	pF	A	pO	pP
113	maD	pR	F	A	pO	P
114	maD	mR	mF	s	nO	mP
115	mD	R	F	A	pO	P
116	aD	R	F	pA	O	pP
117	bD	R	F	pA	pO	pP
118	mD	pR	pF	A	pO	P
119	bD	pR	pF	A	nO	pP

UBC	Densidade Textural	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevo	Tropia	Permeabilidade
120	maD	mR	F	S	mO	mP
121	maD	pR	F	A	pO	P
122	maD	R	mF	S	mO	mP
123	mD	pR	F	fA	nO	pP
124	mD	R	mF	S	mO	mP
125	mD	pR	F	fA	nO	P
126	maD	pR	mF	pA	O	P
127	mD	pR	pF	fA	nO	pP
128	mD	R	F	pA	O	P
129	aD	pR	F	pA	O	P
130	aD	pR	pF	fA	nO	pP
131	mD	pR	F	pA	O	P
132	mD	nR	nF	fA	nO	nP
133	aD	pR	pF	A	pO	pP
134	aD	pR	F	pA	O	P
135	mD	R	F	A	O	P
136	maD	nR	pF	A	O	P
137	maD	mR	mF	S	mO	P
138	mD	R	F	pA	pO	P
139	mD	pR	pF	fA	nO	pP
140	aD	pR	F	pA	pO	pP
141	mD	pR	pF	A	nO	pP
142	mD	R	F	pA	pO	pP
143	mD	pR	F	A	nO	pP
144	mD	R	F	A	pO	P
145	aD	pR	F	A	pO	pP
146	bD	nR	pF	fA	pO	pP
147	mD	pR	F	A	nO	pP
148	maD	mR	mF	S	mO	mP
149	maD	pR	F	A	pO	P
150	aD	mR	mF	S	O	P
151	aD	nR	F	pA	O	pP
152	aD	pR	F	A	pO	pP
153	maD	R	mF	S	mO	P
154	aD	R	F	pA	O	P
155	maD	R	mF	pA	O	P
156	mD	R	F	A	pO	P

UBC	Densidade Textural	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
157	maD	mR	mF	S	mO	mP
158	mD	nR	F	fA	nO	nP
159	aD	mR	mF	S	mO	p
160	mD	mR	F	S	mO	pP
161	aD	mR	mF	S	mO	mP
162	bD	nR	F	A	pO	pP
163	mD	R	F	S	O	P
164	aD	R	mF	pA	pO	mP
165	maD	R	mF	pA	O	P
166	maD	R	mF	S	mO	mP
167	maD	R	mF	pA	O	P
168	bD	nR	pF	pA	O	pP
169	mD	nR	mF	AS	mO	mP
170	mD	nR	nF	fA	nO	nP
171	bD	pR	pF	A	nO	pP
172	bD	pR	pF	A	pO	pP
173	bD	pR	nF	fA	nO	nP
174	mD	nR	pF	a	O	nP
175	aD	pR	F	pA	O	P
176	maD	R	F	pA	O	P
177	aD	mR	mF	pA	O	P
178	maD	pR	mF	A	pO	p
179	maD	R	mF	A	pO	mP
180	maD	pR	F	pA	O	P
181	aD	pR	F	A	pO	pP
182	mD	pR	mF	pA	O	P
183	aD	mR	mF	pA	O	P
184	mD	pR	mF	pA	O	P

Tabela 4.01 – UBC's e suas Propriedades.

4.2 SOBRE AS UNIDADES GEOAMBIENTAIS (UGA'S):

Após ter feito um mapeamento e cartografia das UBC's partiu-se para a interpretação das Unidades Geoambientais UGA's utilizando-se da caracterização das Unidades Básicas de Compartimentação a partir de suas propriedades físicas. Pode-se então fazer uma equivalência entre as propriedades das UBC's definindo assim, as UGA's.

A figura 4.26 mostra a representação de parte das Unidades Geoambientais e, o mapa completo encontra-se em anexo (Anexo 2).

A Tabela 4.02 apresenta as UGA's e suas características.

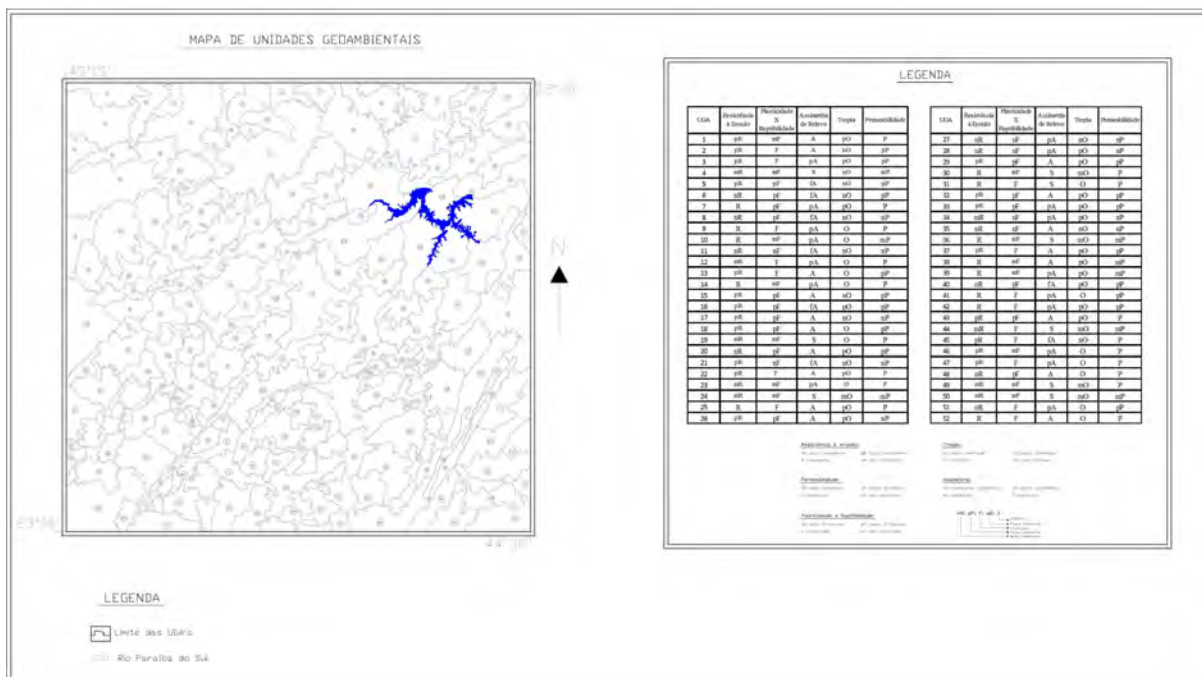


Figura 4.26 – Mapa das Unidades Geoambientais (Anexo 2).

UGA	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
1	pR	mF	A	pO	P
2	pR	F	A	nO	pP
3	pR	F	pA	pO	pP
4	mR	mF	S	nO	mP
5	pR	pF	fA	nO	pP
6	nR	pF	fA	nO	pP
7	R	pF	pA	pO	P
8	nR	pF	fA	nO	nP
9	R	F	pA	O	P
10	R	mF	pA	O	mP
11	nR	nF	fA	nO	nP
12	mR	F	pA	O	P
13	pR	F	A	O	pP
14	R	mF	pA	O	P
15	pR	pF	A	nO	pP
16	pR	pF	fA	pO	pP
17	pR	pF	A	nO	nP
18	pR	pF	A	O	pP
19	mR	mF	S	O	P
20	nR	pF	A	pO	pP
21	pR	nF	fA	nO	nP
22	pR	F	A	pO	P
23	mR	mF	pA	O	P
24	mR	mF	S	mO	mP
25	R	F	A	pO	P
26	pR	pF	A	pO	nP
27	nR	nF	pA	nO	nP
28	nR	nF	pA	pO	nP
29	pR	pF	A	pO	pP
30	R	mF	S	mO	P
31	R	F	S	O	P
32	pR	pF	A	pO	pP
33	pR	pF	pA	pO	pP
34	mR	nF	pA	pO	nP
35	nR	nF	A	nO	nP

UGA	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
36	R	mF	S	mO	mP
37	pR	F	A	pO	pP
38	R	mF	A	pO	mP
39	R	mF	pA	pO	mP
40	nR	pF	fA	pO	pP
41	R	F	pA	O	pP
42	R	F	pA	pO	pP
43	pR	pF	A	pO	P
44	mR	F	S	mO	mP
45	pR	F	fA	nO	P
46	pR	mF	pA	O	P
47	pR	F	pA	O	P
48	nR	pF	A	O	P
49	mR	mF	S	mO	P
50	mR	mF	S	mO	mP
51	nR	F	pA	O	pP
52	R	F	A	O	P

Tabela 4.02 – UGA's e suas Características.

4.3 SOBRE O MAPA MORFOESTRUTURAL:

Os mapas: Rede de Drenagem, Elementos Morfoestruturais e Mapa Morfoestrutural (Figuras 3.02, 3.03 e 3.04 respectivamente) são exemplos do Mapeamento Morfoestrutural realizado nas folhas correspondentes a área de estudo (Lorena, Guaratinguetá, Cruzeiro, Campos de Cunha, São José do Barreiro e Rio Mambucaba).

Ressaltamos que o Mapa Morfoestrutural (Anexo 4) representa a distribuição espacial das deformações plásticas que ocorreram na área em uma fase de intenso cisalhamento tectônico. Portanto, esse mapa configura linhas de contorno estrutural (não cotadas) das camadas geológicas com indicações de seus mergulhos e evidenciando seus altos e baixos estruturais.

Deve-se ressaltar que os altos estruturais sempre desenvolvem um intenso fraturamento discreto (várias direções) e aberto cuja alta percolação de água provoca intenso intemperismo químico, com forte lixiviação do solo originado, em ambientes oxidantes exorreicos. Esses altos estruturais geralmente apresentam-se com formas morfológicamente estáveis, porém sobre a intervenção humana se desestabilizam dando fortes movimentos de massa. Assim é desaconselhável, por exemplo, estabelecer um traçado de estradas nessas regiões, pois fatalmente iram passar por áreas constantemente instáveis. Esses altos são áreas de fácil captura e circulação de águas consideradas, portanto zonas de captura de águas subterrâneas. Por outro lado, os solos são pobres, intensamente lixiviados e impróprios para uma agricultura extensiva.

Já os baixos estruturais são menos fraturados e seu fraturamento é fechado, o que favorece o acúmulo de água, com ambientes redutores endorréicos. São áreas que naturalmente não possui relevo estável, porém são menos alteradas quimicamente. Os cuidados num traçado de estradas, por exemplo, sobre esses baixos são no sentido de evitar áreas de fácil inundação ou umidade excessiva que provocam quedas de blocos ou movimento de argilas expansivas. Esses baixos estruturais, quando associados a baixos topográficos representam zonas de grande concentração de água, porém extremamente vulneráveis a qualquer produto químico proveniente de lavouras ou acidental.

As linhas de contorno estrutural dão indicação da tendência do mergulho das camadas geológicas que favorecem o fluxo das águas que ao percolarem pelos altos estruturais concentra-se nos baixos estruturais.

As linhas de contorno estrutural quando associada às curvas de nível do terreno, permitem definir em princípio se as áreas são mais ou menos suscetíveis a movimentos de massa, estágios intempéricos ou processos erosivos incisivos.

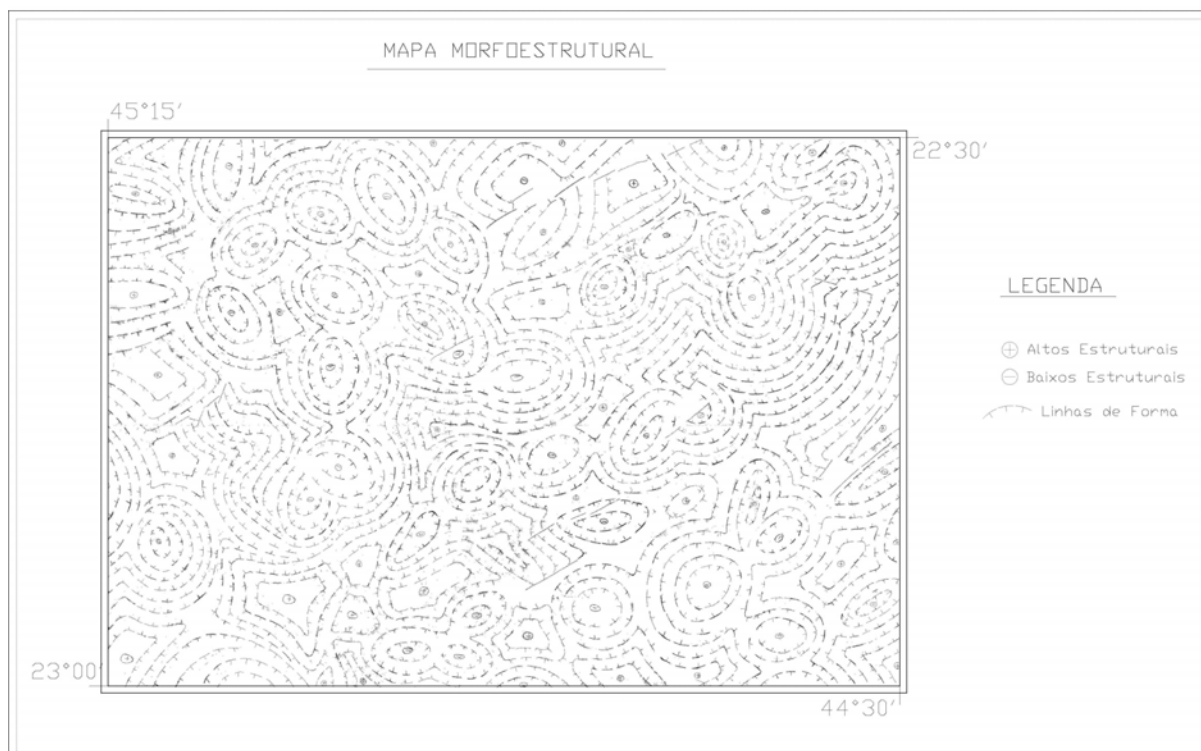


Figura 4.27 – Mapa Morfoestrutural (Anexo 4).

Também para associar as UGA's com os altos e baixos estruturais foi elaborada a Tabela 4.03 que estabelece relações entre as feições estruturais e as feições morfológicas.

MORFOESTRUTURA / MORFOMETRIA	DESCRIÇÃO
Alto Estrutural/ Alto Topográfico (AA)	Pedogênese maior que morfogênese; forte intemperismo; argilominerais caulinita e gibbsita; intensa circulação de água; intensa oxidação; hidrólise total; processos de alitização, latossolização e laterização (em paleoambientes tropicais). Erodibilidade Baixa.
Alto Estrutural/Baixo Topográfico (AB)	Pedogênese maior que morfogênese; forte intemperismo; argilominerais caulinita, gibbsita e esmectita; circulação de água média/alta; oxidação; hidrólise total/parcial; processos de alitização, latossolização, laterização, argilização e melanização. Erodibilidade Moderada/Alta (exorréica)
Baixo Estrutural/Alto Topográfico (BA)	Pedogênese maior que morfogênese; intemperismo moderado/forte; argilominerais caulinita e esmectita; circulação de água baixa e direcionada; moderada redução; hidrólise parcial/total; processos de latossolização e argilização. Erodibilidade Alta/Moderada (exorréica)
Baixo Estrutural/Baixo Topográfico (BB)	Pedogênese menor que morfogênese; fraco intemperismo; argilominerais de esmectita; circulação de água alta e direcionada; intensa redução; hidrólise parcial/incipiente; processos de argilização, melanização e gleização, com concentração de Na, Ca, CO ₃ , Si e Mg. Erodibilidade Muito Alta (endorréica)

Tabela 4.03 - Combinações Entre Morfoestrutura e Morfometria.

4.4 SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE TRAÇOS DE JUNTAS

As lineações de drenagem extraídas das imagens Landsat-TM foram interpretadas como traço de juntas, que são feições de descontinuidade da crosta, porém sem deslocamento aparente de blocos. Esses traços de junta na realidade são Sistemas de Juntas que podem estar abertas (preenchidas ou não) e fechadas. Podem formar séries (feixes, “trends”), sistemas e sistemas conjugados dependendo de suas distribuições em área e serem concomitantes ou não. A figura 4.28 é representa o resultado do mapeamento dos traços de junta da área estudada. Este mapa pode ser visualizado em melhor escala no anexo 5.

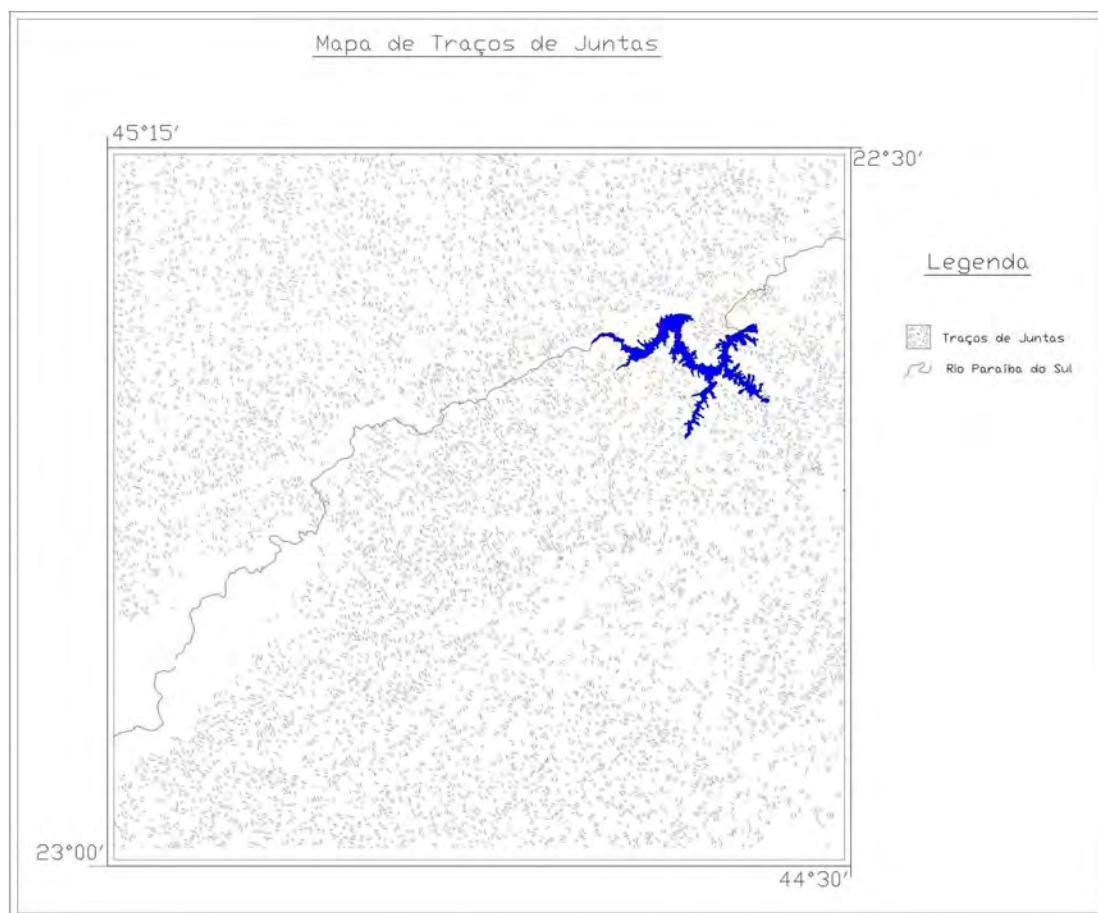


Figura 4.28 – Mapa de Traços de Juntas (Anexo 5).

Os traços de juntas representam descontinuidades da crosta terrestre sem movimentação aparente. Nessa fase após a extração de todos os traços de juntas (figura 4.28 e anexo 5) foi filtrado as duas principais direções (predominantes) desses traços de juntas que passaram a ser denominados de máximos 1 e 2 (figura 4.29 e anexo 6)

Após o mapeamento dos máximos 1 e 2 (figura 4.29 e anexo 6) de traço de juntas, foram determinadas as regiões onde esses máximos mudavam de direção. Essas regiões foram denominadas de Zona de Variação de Máximo 1 (Figura 4.30 e Anexo 7) e Zona de Variação de Máximo 2.(Figura 4.31 e Anexo 8). A seguir verificou-se espacialmente se essas zonas encontravam-se alinhadas em uma determinada direção. Os alinhamentos encontrados permitiram definir os eixos de variação de máximos (figura 4.30 e figura 4.31).

Pode-se verificar, em toda área, uma ampla distribuição das zonas de variação dos dois máximos o que comprova que a área esta fortemente tectonizadas e que essas regiões são as

áreas que apresentam maior variação de tensão e conseqüentemente são mais fraturadas permitindo assim maior percolação e circulação de águas subterrâneas.

Considerando que a presente pesquisa é um mapeamento de investigação e de reconhecimento foi necessário estabelecer as tendências em área, da orientação das zonas de variação de máximos 1 e 2. Essas orientações, aqui denominadas de eixos de zonas de variações de máximos 1 e 2, definem regionalmente corredores de maior variação de tensão/deformação e conseqüentemente um maior fraturamento aberto, o que favorece uma maior circulação de água.

Finalmente deve-se ressaltar que os traços de juntas e suas derivações constituem as principais estruturas rúpteis que contribuem para maior permeabilidade dos maciços rochosos em uma área intensamente tectonizada como a do presente trabalho. Porém ressaltamos que esses dados devem ser cruzados com outras informações para se estabelecer áreas favoráveis a pesquisa subterrânea.

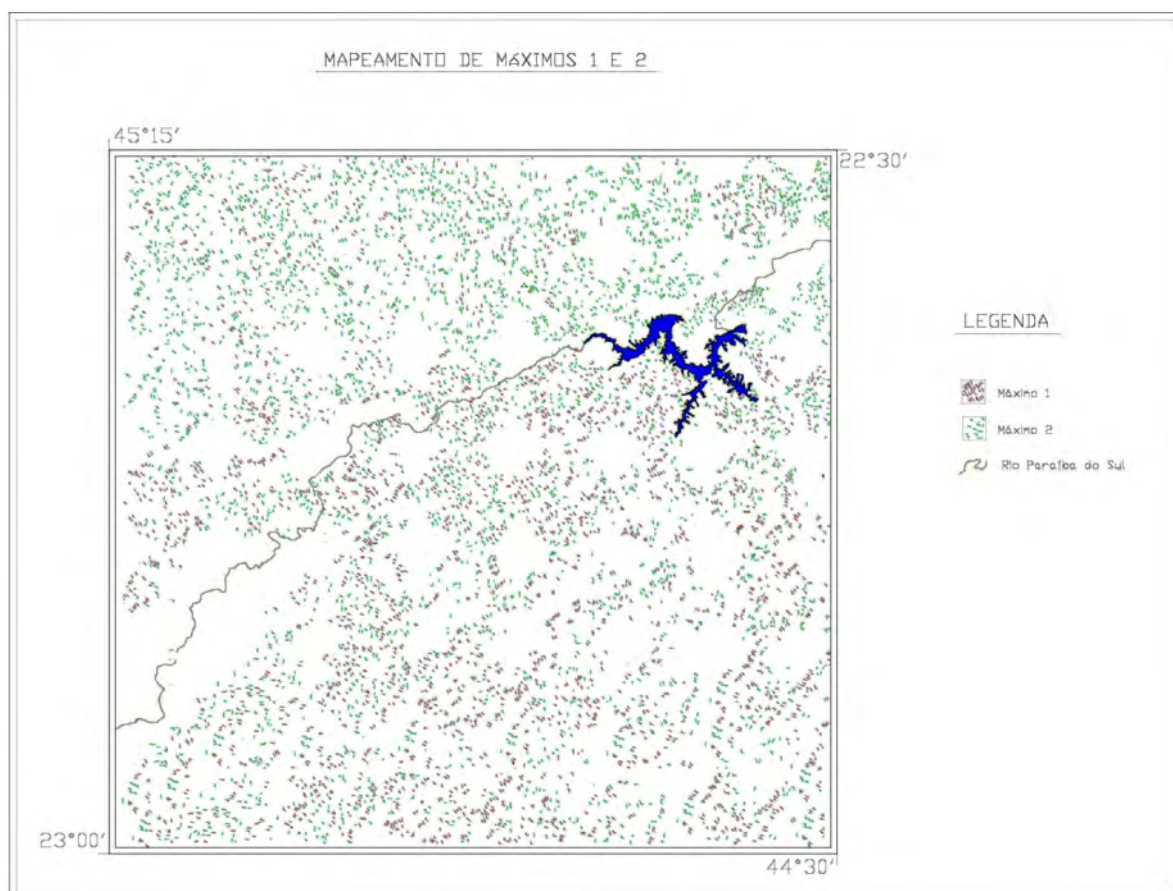


Figura 4.29 – Mapa de Máximos 1 e 2 (anexo 6)

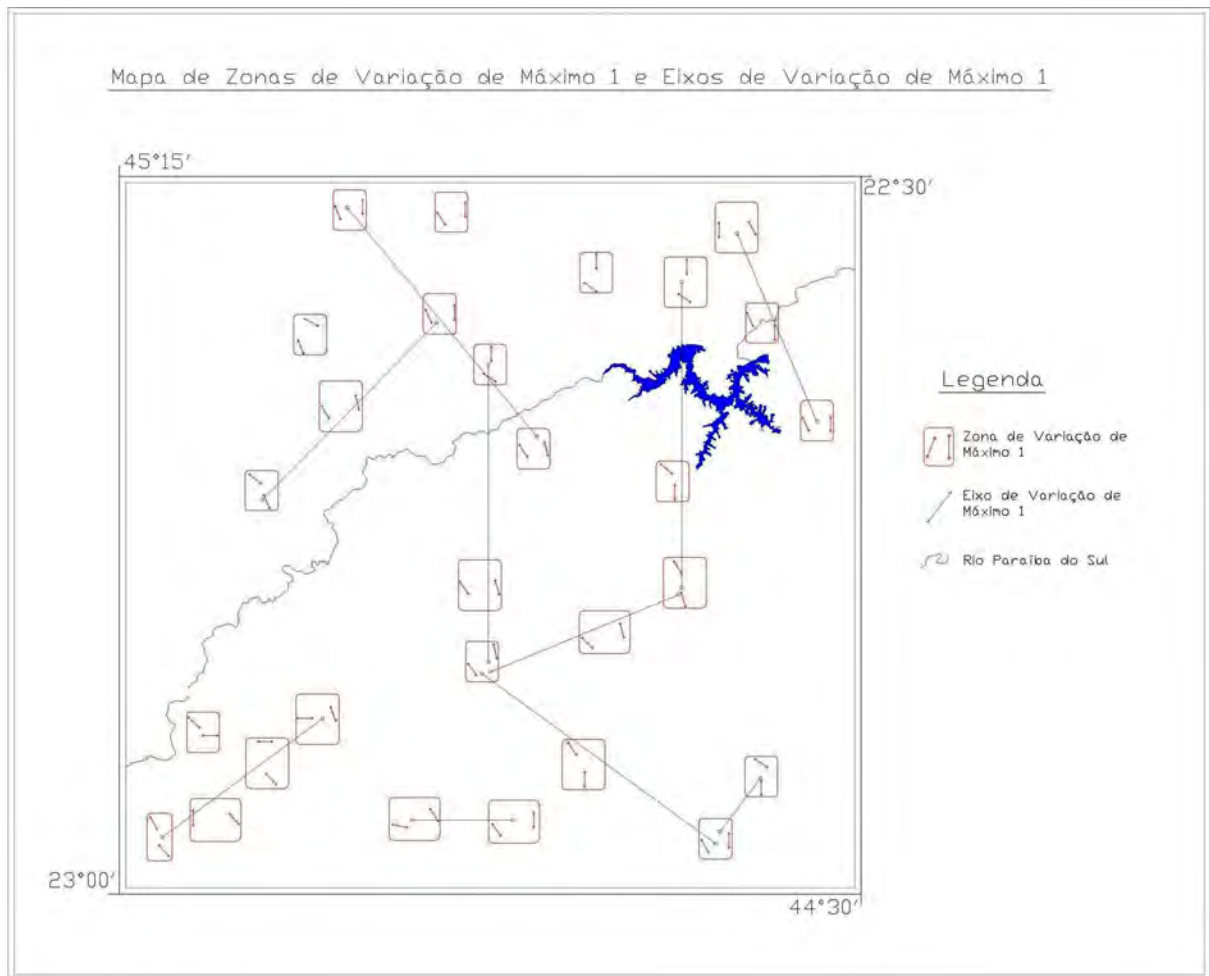


Figura 4.30 – Mapa de Zonas e Eixos de Variação de Máximo 1 (Anexo 7).

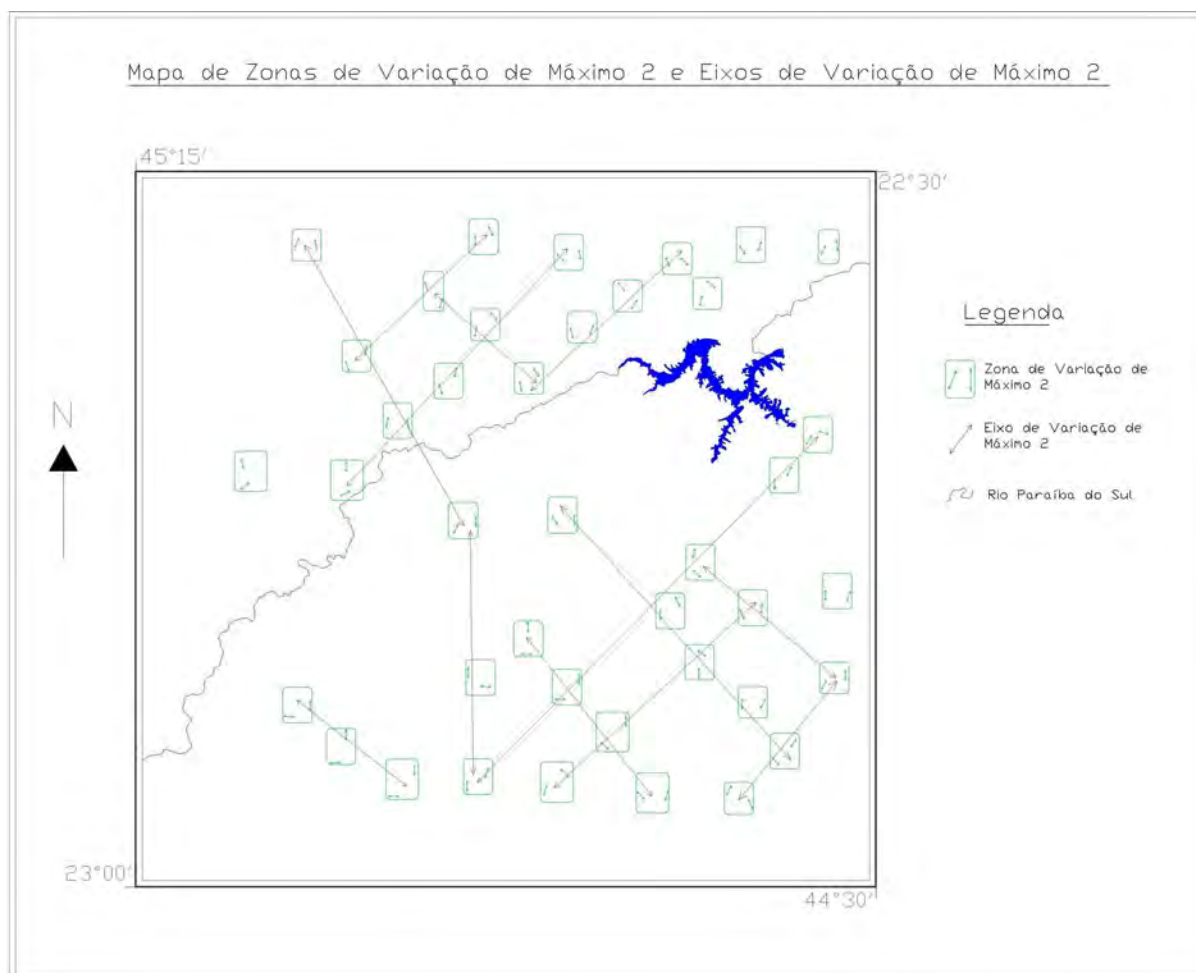


Figura 4.31 –Mapa de Zonas e Eixos de Variação de Máximo 2 (Anexo 8).

4.5 SOBRE O MAPA DE CLASSES DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE OBRAS CIVIS LINEARES

As Classes de Viabilidade pra Implantação de Obras Civas Lineares foram definidas qualitativamente a partir da integração dos dados das propriedades das UGA's, levando em consideração a Resistência à Erosão, a Plasticidade x Ruptibilidade e a Permeabilidade, determinando a capacidade de suporte do Meio Físico. A partir de então, elaborou-se o Mapa de Setores de Viabilidade para Implantação de Obras Civas Lineares (Figura 4.32 e Anexo 9) representado a seguir.

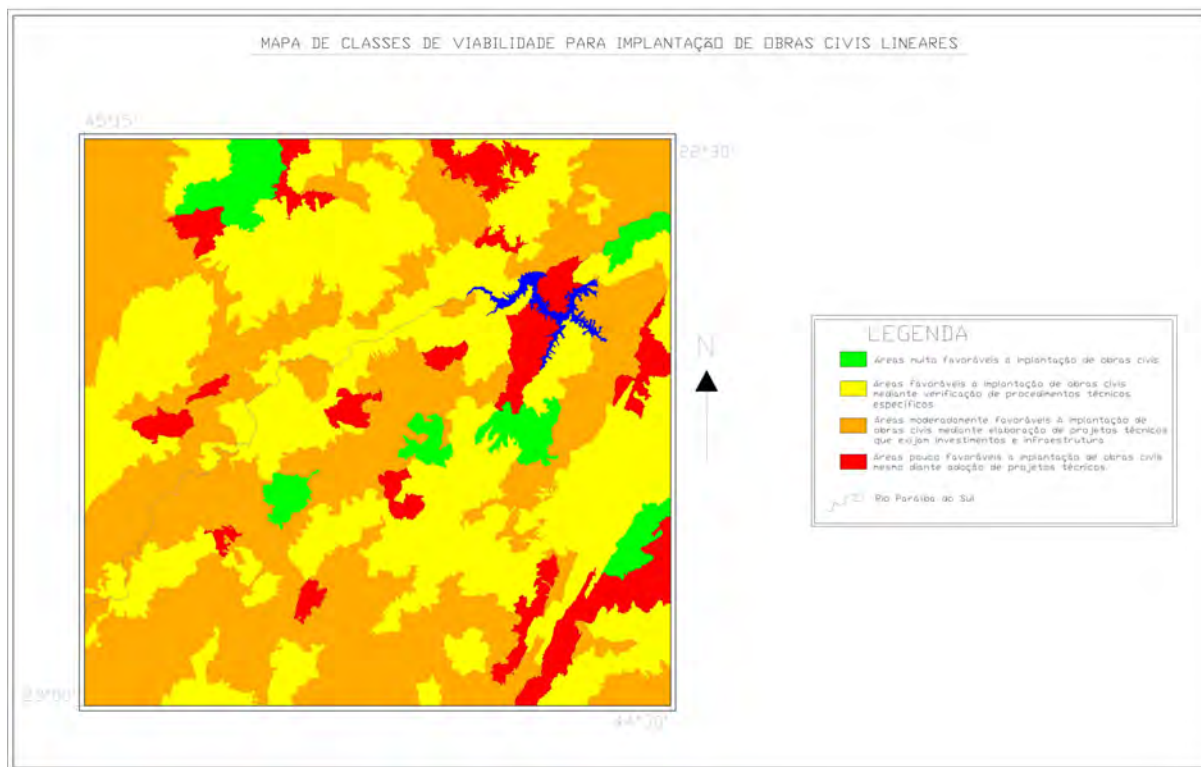


Figura 4.32 – Mapa de Classes de Viabilidade para Implantação de Obras Civis Lineares (Anexo 9)

As propriedades que definem uma classe verde, Muito Favorável a implantação de obras civis lineares são: Muito resistente (mR), Não fraturada (nF) e Pouco Permeável (pP).

A classe de cor amarela, Favorável a implantação de obras civis lineares, é definida pelas propriedades: Resistente (R), Pouco fraturada (pF) e Permeável (P).

A classe de cor laranja, Moderadamente Favorável a implantação de obras civis lineares é definida pelas propriedades: Pouco resistente (pR), Fraturada (F), Não Permeável (nP).

Já as propriedades: Não Resistente (nR), Muito fraturada (mF) e Muito permeável (mP) definem uma classe de cor vermelha, Pouco Favorável a implantação de obras civis lineares.

Cada UGA foi analisada segundo suas propriedades e, então, foi estabelecida sua classe e conseqüentemente sua cor. Na análise levou-se em conta a ordem de importância da propriedade para a implantação de uma obra civil, seguindo a seguinte ordem:

- 1º. Resistência à Erosão
- 2º. Plasticidade x Ruptibilidade
- 3º. Permeabilidade

Logo, apesar de uma UGA apresentar uma propriedade de Permeabilidade que a definiria em uma classe amarela, a partir da análise integrada de suas propriedades, esta UGA poderá ser definida em uma classe vermelha, por exemplo.

A seguir é apresentada a tabela 4.04 de classes de viabilidade de cada Unidade Geoambiental.

UGA	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
1	pR	mF	A	pO	P
2	pR	F	A	nO	pP
3	pR	F	pA	pO	pP
4	mR	mF	S	nO	mP
5	pR	pF	fA	nO	pP
6	nR	pF	fA	nO	pP
7	R	pF	pA	pO	P
8	nR	pF	fA	nO	nP
9	R	F	pA	O	P
10	R	mF	pA	O	mP
11	nR	nF	fA	nO	nP
12	mR	F	pA	O	P
13	pR	F	A	O	pP
14	R	mF	pA	O	P
15	pR	pF	A	nO	pP
16	pR	pF	fA	pO	pP
17	pR	pF	A	nO	nP
18	pR	pF	A	O	pP
19	mR	mF	S	O	P
20	nR	pF	A	pO	pP
21	pR	nF	fA	nO	nP
22	pR	F	A	pO	P
23	mR	mF	pA	O	P
24	mR	mF	S	mO	mP
25	R	F	A	pO	P
26	pR	pF	A	pO	nP
27	nR	nF	pA	nO	nP
28	nR	nF	pA	pO	nP
29	pR	pF	A	pO	pP
30	R	mF	S	mO	P

UGA	Resistência à Erosão	Plasticidade X Ruptibilidade	Assimetria de Relevô	Tropia	Permeabilidade
31	R	F	S	O	P
32	pR	pF	A	pO	pP
33	pR	pF	pA	pO	pP
34	mR	nF	pA	pO	nP
35	nR	nF	A	nO	nP
36	R	mF	S	mO	mP
37	pR	F	A	pO	pP
38	R	mF	A	pO	mP
39	R	mF	pA	pO	mP
40	nR	pF	fA	pO	pP
41	R	F	pA	O	pP
42	R	F	pA	pO	pP
43	pR	pF	A	pO	P
44	mR	F	S	mO	mP
45	pR	F	fA	nO	P
46	pR	mF	pA	O	P
47	pR	F	pA	O	P
48	nR	pF	A	O	P
49	mR	mF	S	mO	P
50	mR	mF	S	mO	mP
51	nR	F	pA	O	pP
52	R	F	A	O	P

Tabela 4.04 – Classes de Viabilidade de cada UGA.

4.6 SOBRE O MAPA INTEGRADO FINAL

Utilizando-se do princípio da convergência de evidências pode-se realizar uma integração das informações obtidas na área para estabelecer as classes de capacidade de suporte a instalação de estradas e multíditos.

As diversas classes de capacidade de suporte podem ser definidas cruzando as informações do mapa de capacidade de suporte do meio físico (figura 4.32 anexo 9) com mapa morfoestrutural (figura 4.27 anexo 4) e mapas de zonas de variação de máximos 1 e 2 (figura 4.30 anexo 7 e figura 4.31 anexo 8).

A partir do somatório dessas informações pode-se estabelecer por fim as classes de suscetibilidade em função da complexidade da superposição das estruturas existentes.

Sugerimos que a cartografia integrada das informações sejam filtradas visando uma maior visualização das áreas muito favoráveis até as não favoráveis à instalação das obras lineares. Ressaltamos a título de exemplo que uma classe de suscetibilidade a instalação de estradas moderadamente favorável passaria a não favorável se nela ocorrer:

- um alto estrutural: os altos estruturais sempre desenvolvem um intenso fraturamento discreto e aberto cuja alta percolação de água provoca intenso intemperismo químico, com forte lixiviação do solo. Esses altos estruturais geralmente apresentam-se morfologicamente estáveis, porém sobre a intervenção humana se desestabilizam dando fortes movimentos de massa. Assim é desaconselhável, por exemplo, estabelecer um traçado de estradas nessas regiões, pois fatalmente iram passar por áreas constantemente instáveis. Logo, uma região com classe de suporte favorável passaria a ser localmente uma classe de suporte moderadamente favorável, por exemplo, se nela se localizar um alto estrutural.
- uma zona de variação de máximo 1 e 2: as regiões onde ocorrem essa variação são regiões com grande variação de tensão e conseqüentemente são mais fraturadas permitindo assim maior percolação e circulação de águas subterrâneas, ocorrendo forte intemperismo e alteração química na composição do maciço com lixiviação do solo, logo, também se torna uma área instável para o estabelecimento de uma estrada. Sendo assim, uma classe moderadamente favorável passaria a ser não favorável, por exemplo, se nela se localizar uma zona de variação de máximo 1 e 2.

Assim, nos locais onde ocorrem essas estruturas, a capacidade de suporte desses locais deverá ser redefinida em função da complexidade de superposição das estruturas encontradas.

A seguir é apresentado o Mapa Integrado Final (Figura 4.33), podendo ser visualizado em melhor escala no Anexo 10.

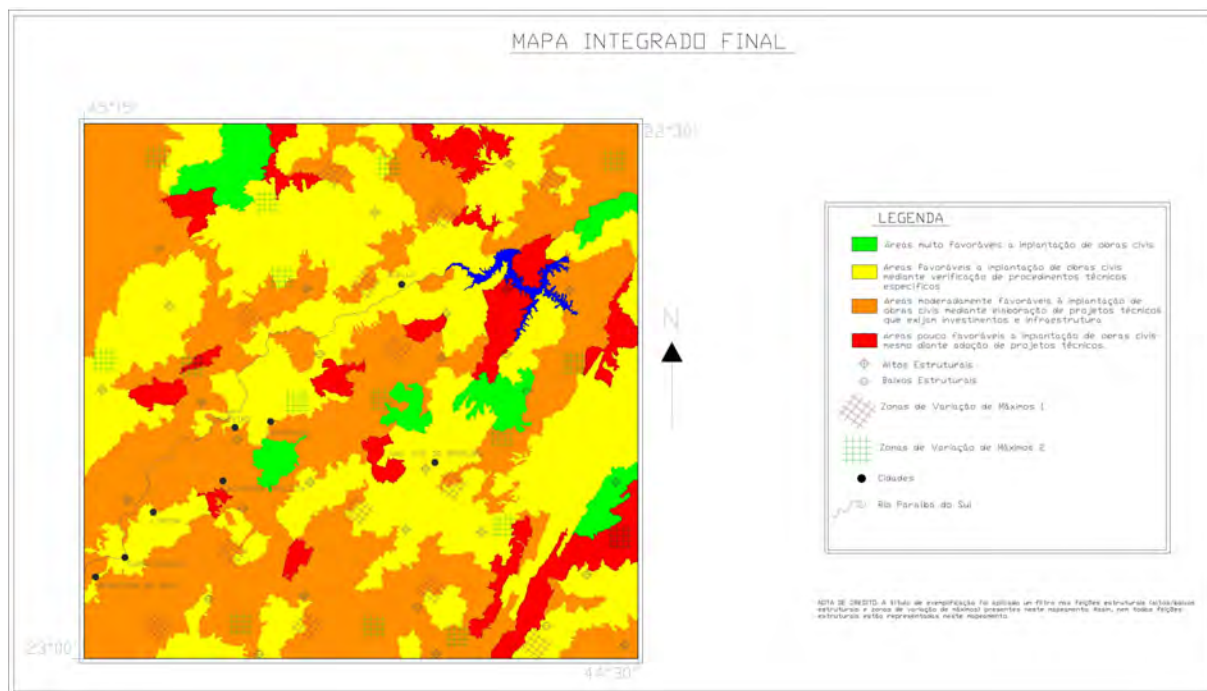


Figura 4.33 – Mapa Integrado Final.

CAPÍTULO V

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o termino do projeto e de toda a pesquisa realizada, foi observada a importância de uma análise e interpretação do Meio Físico e a caracterização de suas principais propriedades físicas para definição de classes de susceptibilidade a instalação de estradas e multíditos.

Foi fundamental no trabalho o uso de técnicas e produtos de Sensoriamento Remoto principalmente a imagem do satélite Landsat TM. A interpretação analógica das imagens Landsat TM permitiu explorar os atributos espaciais da mesma (texturas) tanto na definição de Unidades Geoambientais, e suas diversas propriedades físicas e também as discontinuidades estruturais utilizadas na integração dos dados.

Com o desenvolvimento dos mapas: Morfoestrutural; Zonas de variação de máximos e respectivos eixos é possível visualizar sobre o mapa das Unidades Geoambientais as diversas áreas com capacidade de suporte diferenciado em função de sua maior ou menor fragilidade a intervenção de obras civis.

Deve-se lembrar que a pesquisa foi feita em nível de reconhecimento e ou investigação, portanto, as unidades UGA's e as estruturas associadas (altos e baixos estruturais) mapeadas nessa fase da pesquisa constituem uma pré seleção para trabalhos futuros. Todo o mapeamento aqui realizado serve como balizador para pesquisas futuras de detalhe e semidetalhe, utilizando-se de outros produtos e técnicas de sensoriamento remoto de maior resolução que venham confirmar ou detalhar as áreas de capacidade de suporte do meio físico a construção e instalação de obras lineares superficiais (estradas) e subterrâneas (multíditos).

CAPÍTULO VI

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROSSINI, S. D. Estudo Integrado do Meio Físico, Como Suporte a Mapeamentos Geoambientais: Uma Abordagem por Imagens de Satélite. In: Monografia de Iniciação Científica UNESP, CNPq/PIBIC 2007/2008., Faculdade de Engenharia – Unesp Guaratinguetá, 2008, 67p.

CAETANO, N. R.; MATTOS, J. T. de; OHARA, T. Sistemática de Análise do Meio Físico para Traçado de Rodovias Utilizando Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7., 2001, Rio de Janeiro-RJ, Anais. Rio de Janeiro: Revista Universidade Rural – Série Ciências Exatas e da Terra UFRRJ, 2001, v. 1., p.47-48. 1 CD.

FRANZONI, A. M. B.; LAPOLLI, E. M.; MATTOS, J. T. de. Determinação de Áreas Potenciais ao Uso e Ocupação de Solo através de Técnicas de Sensoriamento Remoto. In: ITALO-BRASILIAN SYMPOSIUM OF ENVIRONMENTAL SANITARY ENGINEERING, out.2000, Roma-Italia. Proceedings....Roma: SIDISA & SIBESA, 2000. 1 CD.

FRANZONI, A. M. B.; LAPOLLI, É. M.; MATTOS, J. T. de; LAPOLLI, F. R. Análise Morfoestrutural por Satélite Visando a Caracterização e Proteção Ambiental de Mananciais Hídricos Subterrâneos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa-Paraíba. Anais... João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Associação Brasileira de Engenharia Ambiental, 2001. 1 CD. v.1., parte 2, p.36-42, Capítulo Nacional do AIDIS. Ed.Esp.

FRANZONI, A. M. B.; LAPOLLI, É. M.; MATTOS, J. T. de; LAPOLLI, F. R. Remote Sensing and Geoprocessing in the Characterization of the Physical Middle for Environmental Planing. In: INTERNACIONAL AIRBONE REMOTE SENSING CONFERENCE AND EXHIBITION, 5., 2001, San Francisco-Califórnia-EUA. Proceedings.... San Francisco: VERIDIAN, 2001. 1 CD.

I.P.T. Geologia da Região Administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da Região

administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A. Monografias. São Paulo, 1978. 78 p.L.P.T. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada.

São Paulo, 1978.

JIMENEZ, R.J.R.; PESSOTTI, J.E.S.; MATTOS, J.T. de. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região da serra do Mar no Estado de São Paulo. In: IV Simpósio Latinoamericano de Percepção Remota. Anais, tomo 1, p. 135—140. San Carlos de Bariloche (Argentina), 1989.

KENNIE, T.J.M.; MATTHEWS, M.C, (Ed.) Remote Sensing in Civil Engineering. John Wiley and Sons. New York, 1981

MATTOS, J.T. de: JIMENEZ, J.R.R. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento agroecológico da região da Serra da Mar no Estado de São Paulo. In: IV Siinpósio Latinoainericano de Percepção Remota. Anais, Tomo 1 p. 135—14. San Carlos de Bariloche (Argentina).1989.

MATTOS, J.T. de; OHARA,T. Estudo da Organização de Formas e Estruturas da Paisagem, com Imagens TM/Landsat, no Vale do Paraíba - SP. In: XVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Salvador, 30/07 a 04/08/95. Anais em CD-ROM (1995).

MATTOS, J. T. de; VEDOVELLO, R.; OHARA, T. Sensoriamento Remoto como Ferramenta de Análise do Meio Físico no Zoneamento Geotécnico Ambiental. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 4., 1-4 dez.1999, São José dos Campos. Anais.... São José dos Campos: ITA, 1999. não paginado

MATTOS, J. T. de; SANTANA, M. A. Análise morfoestrutural e tectônica em imagens TM-Landsat como suporte à detecção de zonas de movimento de massa In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 10., 2002, Cochabamba. X Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Cochabamba: SELPER, 2002. 1 CD.

MATTOS, J. T. de; SANTANA, M. A.; OHARA, T. Imagens do satélite TM-Landsat para compartimentação do meio físico, visando planejamento regional: critérios interpretativos In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 10., 2002,

Cochabamba. Resúmenes do X Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Cochabamba: SELPER, 2002. 1 CD.

MATTOS, J. T. de; FRANZONI, A. M. B.; LAPOLLI, É. M. Influência da estrutura geológica na compartimentação ambiental da ilha de Santa Catarina/Brasil: uma abordagem por sensoriamento remoto In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 10., 2002, Cochabamba. X Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Cochabamba: SELPER, 2002. 1 CD.

NETO, A. P. C.; MATTOS, J. T. de. Atributos do Meio Físico Investigados em Imagens TM-Landsat para Compartimentação Geoambiental de Parte da Bacia Hidrográfica do Alto-médio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 7., 2001, Rio de Janeiro-RJ, Anais. Rio de Janeiro: Revista Universidade Rural – Série Ciências Exatas e da Terra UFRRJ, 2001, v.2., p.13-15. 1 CD.

OHARA, T., MATTOS, J. T. de; RUEDA, J. R. J. Integração de informações do meio físico obtidas com Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica - SIG - In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 41., 2002, João Pessoa. Anais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia. João Pessoa: SBG, 2002. 1 CD.

ROSS, J.L.S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. Revista do Dep^{to}. de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, n ° 9 / 1995, p. 65-75.

RUEDA, J. R. J.; MATTOS, J. T. de; MOTTA, P. de S.; FORMAGGIO, L. F. Monitoreo de las actividades antropicas para la evaluación de la capacidad de soporte del medio físico: Diagnostico y pronostico. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL, 9., 06-10 nov.2000, Puerto Iguazu-Misiones-Argentina. Puerto Iguazu: SELPER, 2000. p.181.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. de. Verificação de parâmetros e propriedades morfoambientais, em imagens de satélite, para estudos do planejamento de áreas litorâneas. In: SIMP. BRAS.DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, Manaus, 24-29 jun 1990. Anais. São José dos Campos, INPE, 1990, p.671-675.

ANEXO 1:

**MAPA DE UNIDADES BÁSICAS DE
COMPARTIMENTAÇÃO (UBC's)**

ANEXO 2:

**MAPA DE UNIDADES
GEOAMBIENTAIS (UGA's)**



ANEXO 3:

MAPA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

ANEXO 4:

MAPA MORFOESTRUTURAL

ANEXO 5:

MAPA DE TRAÇOS DE JUNTAS

ANEXO 6:

MAPA DE MÁXIMOS 1 E 2

ANEXO 7:

MAPA DE ZONAS E EIXOS DE
VARIAÇÃO DE MÁXIMO 1

ANEXO 8:

MAPA DE ZONAS E EIXOS DE
VARIAÇÃO DE MÁXIMO 2

ANEXO 9:

**MAPA DE CLASSES DE VIABILIDADE
PARA IMPLANTAÇÃO DE OBRAS
CIVIS LINEARES**

ANEXO 10:

MAPA INTEGRADO FINAL